Canadian Cataloguing in Publication Data

Meteorological Service of Canada

Flying Forward : Aviation Meteorology in Environment Canada

Text in English and French on inverted pages.
Title on added t.p.: Poursuivons notre envolée.
ISBN 0-662-64869-2
Cat. no. En56-149/2000

I. Meteorology in aeronautics – Canada – History.
I. Title.
II. Title: Aviation Meteorology in Environment Canada.
III. Title: Poursuivons notre envolée.

TL558.C3F59 2000 629.132'4'0971 C00-980142-1E

From the Minister's View

The Government of Canada has a long history of providing weather services to the Canadian public, as well as to both public- and private-sector organizations and enterprises. The first formal weather forecast was delivered in 1871, after the new Canadian government had established a national meteorological office in Toronto and a small network of weather observing stations. Since that time, the federal government has been providing weather observations and forecast services to Canadians.

Working in a business relationship with NAV CANADA, Environment Canada provides weather services to all who fly in our country. Together, we have created a world-class aviation weather service built on quality performance and a commitment to continuous improvement. We know this because we measure our performance; in fact, we have become a world leader in creating and using aviation-specific measures for tracking performance.

Through a strong program of research and development, we have continually improved our performance, including the amount and type of information we gather and use and the quality and timeliness of our computerized weather models. Currently, we are actively involved with the international aviation weather community in researching many aspects of aviation meteorology in order to develop a thorough understanding of the processes that can affect the safety and efficiency of aircraft operations.

Part of our commitment to continuous improvement includes an investment in advanced technologies. Through the introduction of automated weather observing technology we have greatly increased the number of observation sites across Canada. With the launch of the National Doppler Radar Project in 1998, we will increase Doppler radar capacity to 31 locations across the country, not only improving the quality of weather forecasts for the general public, but also for aviation-weather users.

Environment Canada has a history to be proud of, and today we enjoy a reputation as a world-leader in weather services. Through the dedication of a highly skilled and experienced weather staff, we hold a senior seat in the international weather community. You may want to remember that the next time you fly in Canada.

David Anderson

The Honourable David Anderson

TABLE OF CONTENTS

From the Minister's View i

1.0 Introduction 1

1.1 Environment Canada—Meteorological Service of Canada 1
1.2 History of Canada's Aviation Weather Service 2

2.0 Aviation meteorology in Canada 5

2.1 Partners and Clients 5
2.1.1 NAV CANADA 5
2.1.2 National Defence 7
2.1.3 Transport Canada 8
2.1.4 International Partners 8
2.1.5 The Broader Aviation Community 10
2.1.6 The Transportation Safety Board 10
2.1.7 Other Clients and Partners 10

3.0 Quality performance 13

3.1 Performance Measurement and Tracking 13
3.1.1 Performance Measurement of Forecasts 13
3.1.2 Performance Measurement of Weather Observations 15
3.2 Research and Development 16
3.2.1 Computer Models 16
3.2.2 Aviation Weather Research 18
3.2.3 The Future of Aviation Weather R&D 18
3.3 Investing in Technology 20
3.3.1 Weather Observations 21
3.3.2 Weather Forecasts 26
3.3.3 Weather Products 27
3.3.4 Telecommunications 28

4.0 Flying forward 31

Appendix: Acronyms Guide 33

Introduction 1

1.1 Environment Canada — Meteorological Service of Canada

From a modest beginning some 125 years ago, the Meteorological Service of Canada (MSC) of Environment Canada (EC) now has hundreds of meteorologists, technicians, information technology (IT) specialists and researchers, all involved in keeping Canadians informed of the changing state of the atmosphere in which they live and breathe. The most visible results of their work are the warnings of imminent severe conditions that represent a hazard to the health and well-being of Canadians, the regularly issued forecasts of the expected general conditions a few days into the future, more long-term seasonal forecasts to aid in economic planning and specialized forecasts for specialized interests.

Supporting the forecast service to the Canadian public, MSC's work delves deeper into the investigation of many aspects of the atmosphere. Atmospheric chemistry, for example, has an impact on the radiative balance of the atmosphere, and affects the day-to-day weather. The results of research into ozone and the phenomenon known as global warming is improving the quality of the forecasts as atmospheric processes become better understood. Similarly, MSC's work on the development of better ocean models, improved understanding of cold land- or ice-surface processes, and assessment of biosphere impacts on the atmosphere continue to yield quality benefits for atmospheric forecasts.

Many of the professionals working within MSC are involved in providing weather services to Canada's aviation community through a business arrangement with NAV CANADA. In every area of the country, weather observing equipment installed at airports and maintained by MSC is used to tell pilots the current weather conditions so they can

safely carry out their operations. Every hour of every day, forecasters are using these and other observations, along with products from computer models, radars and satellites to provide specialized forecasts for aviators to aid in efficient operations.

MSC is also involved in extensive research into meteorological phenomena which directly affect aviation, particularly in the areas of predicting turbulence, icing, thunderstorms and strong winds. This includes not only the science behind the weather, but the development of new products, services, and techniques for presentation of the information to the user and helping the aviation community deal with hazardous weather conditions. Much of the research carried out by MSC involves long-term commitments in the order of years to decades.

1.2 HISTORY OF CANADA'S AVIATION WEATHER SERVICE

Canada's weather service was created in 1871, when the new Canadian government gave George Kingston (the director of the Toronto Observatory and professor of meteorology at the University of Toronto) $5,000 to set up a national meteorological office in Toronto and a network of weather observing stations. Public demand led to the development of a national weather warning system in 1873.

With the growth of aviation, and the experience of World War II, the weather service expanded to provide weather forecasts related to the safety, security and economic productivity of this new transportation sector. From 1936 until 1970, the weather service was managed as a branch of the Department of Transport, and public weather warnings were produced largely as by-products of meteorological support for Canada's growing transportation industry. As well as providing a warning service, the early weather service accumulated weather observations over a period of years, contributing to the development of the science of meteorology in Canada.

In 1971, all meteorological functions moved to the newly created Environment Canada as the Atmospheric Environment Service (AES). Concerns were no longer strictly with atmospheric effects on day-to-day activities. The mandate was broadened to include the effects of humanity's day-to-day activities on the atmosphere and the environment. This change in the way of viewing the environment was the beginning of the concept that would eventually be called "sustainable development".

In 1994, hydrometric activities merged with the AES. As the scientific understanding and technological capabilities advanced and broadened, the variety of meteorological and hydrological information that can be produced also expanded. Today, information and prediction products are accessible coast-to-coast-to-coast and provide information for the Canadian public, all levels of government and all sectors of the economy.

MILESTONES IN CANADIAN AVIATION WEATHER HISTORY

- AS EARLY AS 1917 CAMP BORDEN RECEIVED DAILY FORECASTS FOR FLIGHT TRAINING.
- IN THE EARLY 1920'S A METEOROLOGICAL SERVICE FOR MILITARY OPERATIONAL FLYING CONSISTED OF PILOT BALLOON OBSERVATIONS AT SEVERAL AIR BOARD STATIONS AND TRANSMISSION OF PUBLIC FORECASTS TO THE BASES BY TELETYPE.
- IN 1928 AN AVIATION FORECAST AND BRIEFING OFFICE WAS ESTABLISHED AT ST. HUBERT, QUEBEC IN ANTICIPATION OF A BRITISH EMPIRE-WIDE AIRSHIP SERVICE.
- BY 1939 METEOROLOGICAL INFORMATION AND WEATHER INFORMATION HAD BECOME THE RESPONSIBILITY OF THE DEPARTMENT OF TRANSPORT.
- SEPTEMBER 3, 1939, BRITAIN DECLARED WAR ON GERMANY; THE WEATHER OFFICE OPENED IN HALIFAX THE NEXT DAY AND A METEOROLOGICAL TRAINING SCHOOL OPENED IN TRENTON LATER THAT MONTH TO SUPPORT MILITARY OPERATIONS.
- BRITISH COMMONWEALTH AIR TRAINING PLAN RESULTED IN GREATER DEMAND FOR SERVICE FLYING TRAINING SCHOOLS IN EDMONTON, SASKATOON, REGINA, CALGARY, BRANTFORD, DUNNVILLE, FORT MACLEOD, MONCTON, KINGSTON, AND MOOSE JAW AND AIR NAVIGATION SCHOOLS AT TRENTON AND RIVERS; ADVERTISEMENTS APPEARED FOR 90 METEOROLOGICAL TECHNICIAN POSITIONS.
- WEATHER SUPPORT PROVIDED TO FERRY COMMAND SHUTTLING PLANES TO ENGLAND.
- IN 1943 APPROVAL WAS GIVEN FOR METEOROLOGICAL TECHNICIANS TO BE BROUGHT IN AS OFFICERS— 246 WERE COMMISSIONED, 983 REMAINED WITH THE DEPARTMENT OF TRANSPORT.
- FOLLOWING THE END OF WORLD WAR II, TWO-THIRDS OF THE FORECASTERS WERE NO LONGER NEEDED, AND COMMISSIONED METEOROLOGICAL TECHNICIANS REVERTED TO CIVILIAN STATUS.
- A 1962 AGREEMENT BETWEEN THE DEPARTMENTS OF NATIONAL DEFENCE AND TRANSPORT STIPULATED THAT TRANSPORT WOULD PROVIDE ALL METEOROLOGICAL ANALYSIS, PROGNOSIS AND FORECASTING (WITH DND TO CONTINUE OBSERVING AT THEIR OWN SITES).

102-00112/

Flying Forward

Aviation Meteorology in Environment Canada

- *Telecommunications Supplement Agreement* between Canada and the United States in 1965 resulted in the first receiving stations for Automatic Picture Transmission (APT) from weather satellites being installed in Halifax, Toronto, Cold Lake.
- First meteorological computer at Department of Transport, 1965-66.
- Environment Canada (EC) was formed in 1971 and took over the weather service; the Meteorological Branch became the Atmospheric Environment Service (AES).
- In 1996 NAV CANADA was created and took over the operation of the Air Navigation System from Transport Canada (TC). EC was retained under contract to provide aviation weather services.
- In 1999, the name is changed to the Meteorological Service of Canada.

For more information on the history of Canada's weather service visit The Green Lane at www1.tor.ec.gc.ca/cd/history/history_e.cfm.

Aviation meteorology in Canada

2

2.1 Partners and Clients

2.1.1 NAV CANADA

Early in 1996, legislation was passed giving NAV CANADA the responsibility for Canada's air navigation system. Today, NAV CANADA is the country's national provider of civil air navigation services. As a non-share capital corporation, it is responsible for providing air traffic control, flight information, weather briefings, airport advisory services and electronic aids to navigation.

In November 1996, EC entered into an agreement to provide aviation weather services to the newly formed NAV CANADA. This agreement replaced the long standing and informal arrangement between Environment Canada and Transport Canada to provide such services for Transport Canada's air navigation system.

The EC/NAV CANADA *Agreement for Aviation Weather Services* is a multi-million dollar, five-year contract that covers all of the EC products and services that relate to aviation weather. NAV CANADA and MSC work together to ensure the aviation community in Canada gets the best possible weather service in the most cost-effective manner.

In keeping up with the times, weather offices have become dramatically different than they were in the past. For the collection of aviation weather observations, many service scenarios exist that differ greatly from the traditional MSC staffed weather office of 15 years ago. Today, many sites are staffed by third-party contract weather

observers, some observations are done by NAV CANADA staff, and other sites have automated observing or a combination of human and automated observations. In the North, many observations are taken by Community Aerodrome Radio Station staff. NAV CANADA provides the best service option for each case, based on a balance of cost and requirements achieved through consultation with the users of the airports. At all these sites, MSC maintains the observing equipment to a level of service stated by NAV CANADA.

In addition to weather observations, NAV CANADA also contracts with MSC for various forecast services. For each of 175 airports across Canada, a site-specific aerodrome forecast (TAF) is written by MSC meteorologists. Area forecasts provide information on expected enroute weather conditions. Warnings of weather which can be hazardous to aviation are transmitted immediately to aircraft in flight in special messages called SIGMETs. Since Canada is responsible for air traffic services over the western North Atlantic, special forecasts are provided to aid NAV CANADA in fulfilling this international commitment.

A major part of the weather business is the information technology (IT) infrastructure required to move all this weather information to the forecasters, briefers and pilots in a timely and reliable fashion. NAV CANADA has an agreement with EC for the dissemination of alphanumeric information as well as satellite imagery, radar imagery, and weather charts, using land lines and satellite communications. Individual radar images are combined into a cross-country mosaic or composite for use by NAV CANADA's weather briefers. As well, NAV CANADA briefing offices use EC software to display their weather information.

NAV CANADA also struck an agreement with EC for training services. EC meteorologists provide weather training to NAV CANADA briefing and air traffic services staff at the NAV CANADA Training Institute (NCTI) in Cornwall, Ontario. Also, in each region, technical services instructors train contract weather observers in the techniques of weather observing.

Recently, NAV CANADA has made arrangements with EC for new weather services that include the provision of weather information to the NAV CANADA web site (www.navcanada.ca). The Plain Language Translator on this web site decodes TAFs (coded aerodrome forecasts) and METARs (coded weather observations). Other services include remote video weather cameras in British Columbia mountain passes, the Limited Weather Information System (LWIS) which provides automated weather observations for low-traffic aerodromes, and a new satellite distribution system that delivers weather information to the NAV CANADA flight service stations.

The EC/NAV CANADA *Agreement for Aviation Weather Services* is very important to EC and MSC. Aviation weather is a traditional function of the Department and it has grown with the aviation industry. EC, with its vast knowledge base, offers Canadian aviators the best possible service. MSC continues to grow and learn in this arrangement with NAV CANADA, and continues to focus on efficiency and user needs.

2.1.2 NATIONAL DEFENCE

MSC has worked with the Department of National Defence (DND) to provide the Armed Forces with weather information for many years. Prior to 1997, Environment Canada meteorologists were seconded to DND, and operated a parallel Canadian Forces Weather Service. In the interest of greater efficiency, a more business-like agreement was struck in 1997 whereby the services are provided by MSC meteorologists according to documented annual business plans. These services include weather forecasts, meteorological data, and IT services. Weather observing for Canadian Forces (CF) bases is done by CF meteorological technicians supplemented by automated weather observing systems (AWOS).

Although services are provided for all sectors of the Canadian Forces, the Air Force has always been the biggest user of weather information. MSC forecasters produce aerodrome forecasts (TAFs) for all Air Force bases, as well as weather warnings, graphical significant weather prognosis charts, and specialized forecasts to meet the needs of weather-sensitive military activities. MSC IT specialists maintain a wide-area network which supplies weather information to squadrons across the country.

When forces are deployed to regions outside Canada, MSC staff stationed at military bases in Canada prepare climatological information to assist military commanders in planning their missions. When tasked with doing so, they develop new forecast products tailored to the mission, and continue to provide information throughout the life of the mission. This requires searching out sources of foreign weather information, and expanding the geographical area of the Canadian computer model output.

Dissemination of weather information to remote locations cannot take place without the assistance of the MSC IT specialists. Satellite communications and web technology have greatly increased their ability to get weather information into areas of hostility where CF troops are stationed. Some examples of remote aviation services provided in recent years include a 24-hour per day aerodrome forecast (TAF) for Port-aux-Prince, Haiti, provided from April 1995 to December 1997, and aviation area forecasts on a once-a-day advisory basis for Bosnia, Kosovo, Rwanda, and the Central African Republic. MSC also routinely assists the military in their exercise deployments within Canada, and have written TAFs for places such as Wainwright, Alberta, and Killaloe, Ontario.

When Navy ships deploy with helicopters on board, MSC is often called upon to provide dedicated daily forecasts of marine as well as aviation elements. In addition, graphical forecasts of weather conditions significant to aviation for all the Atlantic and Pacific waters where Canadian naval ships, helicopters and patrol aircraft operate are produced routinely throughout the year. Helicopters operating at sea have no alternate place to land, so accurate forecasts of hazardous conditions are very important. The Land Forces also use helicopters, and MSC often issues special forecasts for their exercises on Canadian soil.

In the coming year, MSC IT specialists will be developing a customized weather web site for the Canadian Forces that will render many traditional sources of weather information obsolete. This will be used by CF units at home, as well as in deployed locations around the world.

2.1.3 TRANSPORT CANADA

With the inception of NAV CANADA, the role of Transport Canada (TC) in aviation meteorology changed substantially and the Department now functions as the regulator of the air navigation system. In many areas, as they set regulations and monitor the activities of the aviation community, they depend on MSC for guidance and advice. For example, TC is currently developing a set of standards for four-element (wind, temperature, dew point, altimeter setting) automated observing stations. They will rely on MSC to provide meteorological expertise and technical assistance in deciding which types of equipment are suitable for this use. TC and MSC worked closely with users during the performance evaluation phase of the aviation automated weather observing systems (AWOS), defining the criteria that would make automated weather observations acceptable to the aviation community.

TC also relies on EC to maintain the regulatory documents *Manual of Standards and Procedures for Aviation Weather Forecasts* (MANAIR) and *Manual of Surface Weather Observations* (MANOBS). Both of these documents are incorporated by reference in the Canadian Aviation Regulations. Any changes are reviewed by the Canadian Aviation Regulations Advisory Council (CARAC) and TC approves regulations using the advice of the Council. These documents are available on-line through http://www1.tor.ec.gc.ca/nwsd/index_e.cfm.

2.1.4 INTERNATIONAL PARTNERS

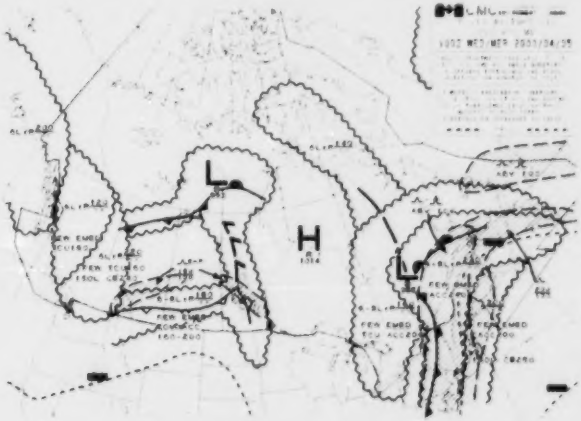
Canada has always been an active member in international committees that deal with aviation weather and matters that affect aviation. As a member of the World Meteorological Organization (WMO), MSC has been actively involved in the Commission for Aeronautical Meteorology. This Commission, through its working groups, provides international leadership on the latest developments in aviation weather services. For example, an MSC regional director headed the working group on Advanced Techniques Applied to Aeronautical Meteorology (ATEAM). MSC representatives take part in the WMO Commission on Instruments and Methods of Observation, and MSC will have a representative on the Verification Expert Committee that is being formed. Our Performance Measurement Aviation Team has gathered world-wide attention for their cutting-edge work in TAF performance measurement.

MSC senior staff are actively involved in the Working Group on the Provision of Meteorological Information Required Before and During Flight (PROMET), which has, among other tasks, been monitoring the status and implementation of the World Area Forecast System (WAFS) satellite downlink network. The WMO and the International Civil Aviation Organization (ICAO) work closely on matters relating to aviation meteorology, and PROMET is one of the focal points for this relationship.

ICAO's Annex 3 to the *Convention on International Civil Aviation* deals with international standards and recommended practices for all aspects of aviation services for air navigation. MSC and TC participate on the WMO and ICAO working groups which formulate and approve amendments to Annex 3.

MSC's Canadian Meteorological Centre (CMC) in Dorval, Quebec, has been designated by ICAO as the Volcanic Ash Advisory Centre (VAAC) for Canada, the northwestern Atlantic Ocean, and much of the Arctic. Volcanic ash presents a significant hazard to aviation, particularly to aircraft in flight. Flight through an ash cloud can result in damage to engines, airframe, and electronics—potentially leading to partial or total loss of flight control and communications. Ash can move long distances in a relatively short time, as illustrated by the major eruption of Alaska's Mount Spurr on September 17, 1992. This eruption sent large quantities of ash to jet stream altitudes. The resulting ash plume was transported across North America to reach the Atlantic coastline within three days of the eruption. Significant disruption in air traffic occurred during this event.

ICAO has designed the World Area Forecast System (WAFS) to provide forecasts of en route meteorological conditions of the greatest possible accuracy and in a standardized form for international civil flight operations. The United States National Weather Service (NWS) and the UK Met Office have accepted the responsibility for providing two World Area Forecast Centres (WAFC). The WAFC in Washington D.C. transmits, via the WAFS satellite broadcast, significant weather charts and wind and temperature information for all of North America.



The Centre is currently being expanded to cover half the globe, with regional area forecast centres in Australia, Japan and South America being phased out. Through a bilateral agreement with the US, CMC produces low-mid level significant weather charts for the North Atlantic. Canada and the United States work closely to ensure a complete view of the weather is presented to the international aviation community.

2.1.5 The Broader Aviation Community

MSC meteorologists keep in touch with the needs and concerns of the aviation community by attending meetings and conventions of aviation special interest groups. For example, the Manager of the Prairie Aviation and Arctic Weather Centre is a member of all three Prairie province aviation councils, the National Air Transport Association, and the Canadian Owners and Pilots Association. MSC staff regularly attend conventions and meetings of groups such as the Canadian Owners and Pilots Association, the Canadian Business Aircraft Association and the Air Transport Association of Canada. At many air shows across the country, MSC staffs a booth to reach out to the aviation community and sometimes provides special forecasts for the air display events.

2.1.6 The Transportation Safety Board

In the unfortunate event of an aviation accident in Canadian territory, MSC provides the Transportation Safety Board investigators with detailed information and consultation on the weather conditions at the time of the accident. In cases where the weather is suspected to be a contributing factor, the weather analysis sometimes includes running a small-scale computer model of the atmosphere to get a better understanding of the local conditions at the time of the accident. This is especially useful when accidents occur away from an airport and actual weather reports for the crash site are not available.

2.1.7 Other Clients and Partners

With the introduction of DND's agreement with SERCO Facilities Management Inc. for operation of the air base at Goose Bay, Labrador in 1998, SERCO assumed some of MSC's traditional forecast duties at the site. However, MSC continues to work with SERCO, through a contract arrangement, to provide certain forecast and warning support. SERCO also relies on MSC for all of its weather information and IT support. A similar arrangement began in July 1999 at Moose Jaw, Saskatchewan, where SERCO Aviation Services, Inc. has contracted with MSC to provide forecast support and IT support for their operation at the NATO Flight Training Centre.

MSC has many smaller but important clients and partners in the aviation business. For example, in Atlantic Canada, the Newfoundland Weather Centre issues aerodrome forecasts for several airports with funding from private sector companies in the offshore oil business. Cougar Helicopters Inc. uses the TAF for Long Pond, Newfoundland, near St. John's, as an alternate for flights to the offshore rigs, and the Prairie Aviation and Arctic Weather Centre in Edmonton provides a contract TAF service for Ekati, NWT. Seimac Inc. contracts with MSC for a TAF for Trenton, Nova Scotia, and MSC also certifies their weather observers and equipment to ensure that their reports are up to national standards.

In Montreal, MSC provides Aéroports de Montréal (the airport administrators for Dorval and Mirabel) with lightning warnings. These warnings are automatically faxed to the sites whenever lightning is detected within 20 kilometres of the airports by the Canadian Lightning Detection Network. Transport Québec and Hydro Québec contract with EC for the purchase, installation and maintenance of weather observing equipment at private airports. The Service Aerien Gouvernemental du Québec uses MSC weather display workstations, and data and workstation training for their fleet that provides water bomber support for forest fires, air ambulance service, and ministerial transportation.

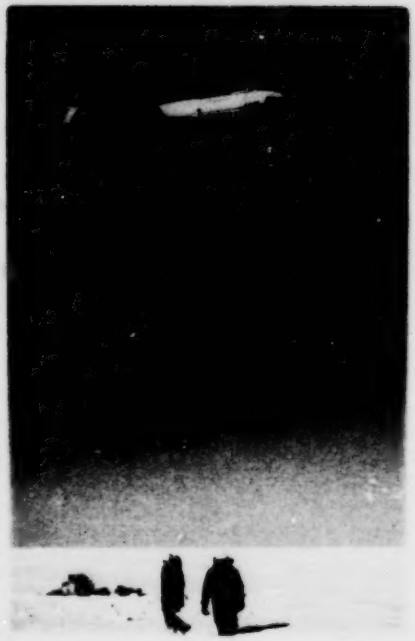


photo courtesy of Ed Hudson

MSC's partnerships and agreements with the aviation community and others involved in serving that industry will continue to grow, with better products and ways of providing the services that lead to the safe and efficient operation of aviation operations in Canada.

Quality performance

3

3.1 Performance Measurement and Tracking

There is no question about the value of a timely and accurate weather observation or forecast. Timeliness and accuracy are the key factors in ensuring an activity goes as planned. Farmers can plant or harvest fields at the right time, road clearing crews can be put on stand-by or sent home, a family can decide whether to have an outdoor picnic or stay at home, and a pilot can decide whether to fly, by which routes, at which altitudes, and how much fuel to carry.

It has been shown that approximately 30% of aviation accidents are weather related. Studies have also shown that 41% of delays are due to weather (17% avoidable and 24% unavoidable). These figures may understate the problem, as more recent estimates puts the proportion of delays caused by weather as high as 75%.

Improving the accuracy of aviation forecasts can help to reduce these costly delays. A first step in achieving these improvements is to measure the current accuracy of aviation forecasts in a meaningful way.

3.1.1 Performance Measurement of Forecasts

MSC maintained a basic record of the accuracy of aerodrome forecasts for 23 airports from the early 1970s until the mid 1990s. This record was statistically sound and provided value to forecast centre managers, but was not effective in conveying useful information to users of the forecasts.

With the introduction of the EC/NAV CANADA *Agreement for Aviation Weather Services*, a new approach was adopted. It was recognized that any performance measurement system for aerodrome forecasts (TAFs) would need to adhere to the following principles:

- it should measure the performance for all aerodrome forecast sites;
- it should be based on criteria that are relevant to users of the forecasts;
- it should be as simple as possible;
- it should be subject to and withstand scientific scrutiny; and,
- the results should be made public.

Balance is also important. A measure that recognizes accurate forecasting of all cases of poor weather requires another that ensures that poor weather is not being over-forecast. To "cry wolf" can have an effect on aviation operations that is just as negative as a missed forecast. This principle has also been built into the core set of statistical indicators used by MSC to evaluate forecast quality.

The initial results of the new performance measurement system were made available to the public in the first operations report prepared by MSC for NAV CANADA in February 1997. EC has also presented reports detailing its aviation forecast performance measurement system to both the American Meteorological Society and the Canadian Meteorology and Oceanographic Society. To ensure transparency and fairness in the system, the accounting firm KPMG performed an independent audit of the performance measurement system in early 1999 and found no irregularities. The results of this work now allow MSC to answer questions about aviation forecasts that could only be guessed at before.

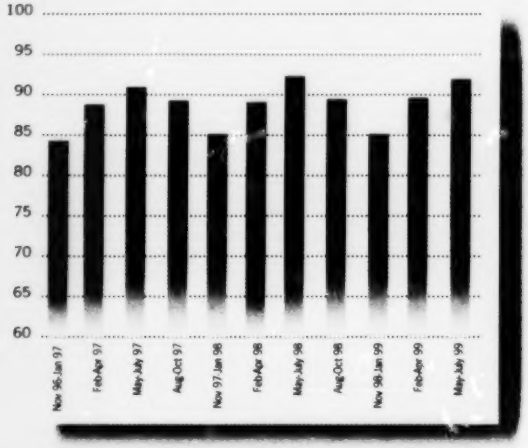


FIGURE 1. SUMMARY OF NATIONAL COMPOSITE MEASUREMENTS OF VFR RELIABILITY OF TAFS FROM NOV/96-JULY/99.

FORECAST ACCURACY

Of course, the most often-asked question is, "How accurate are weather forecasts?" The answer may vary depending upon what aspects of the forecast are considered important to the end user. The minimum visibility and ceiling thresholds for Visual Flight Regulations (VFR) operations is commonly understood by all pilots. Figure 1 shows the percentage of time that forecasts calling for VFR conditions coincided with actual VFR conditions over a 2.5-year period.

Forecast accuracy is also measured relative to the alternate limits for each aerodrome. Figure 2 shows how often the TAF forecasts conditions to be below the alternate conditions but the weather remains above alternates. This is a situation that could require carrying unnecessary fuel or even result in additional *en route* stops. On average, less than half of the cases where below-alternate conditions are forecast turn out to be false alarms.

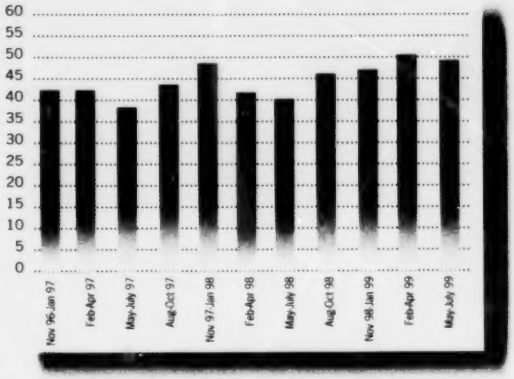


FIGURE 2. SUMMARY OF NATIONAL COMPOSITE MEASUREMENTS OF BELOW ALTERNATE FALSE ALARM RATIO OF TAFS FROM NOV/96-JULY/99.

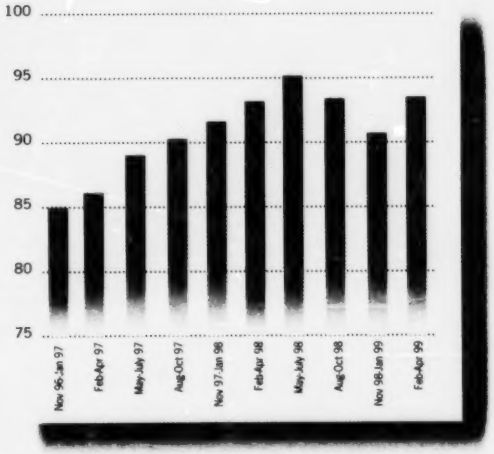


FIGURE 3. PERCENTAGE OF EC-CONTROLLED SPECI OBSERVATIONS DELIVERED TO THE TELECOMMUNICATIONS NETWORK WITHIN FIVE MINUTES.

FORECAST AMENDMENT PROMPTNESS

It is essential that aircrew be advised of un-forecast deteriorating weather conditions without delay. It is equally important that they be informed when conditions improve, for reasons of efficiency. For example, as soon as it is expected that below-landing-limit fog will only last an hour rather than three hours as originally forecast, then a new forecast should be issued to inform pilots that the airport will be available for an additional two hours. This could reduce delays and prevent unnecessary costs to operators.

MSC forecasters are encouraged to amend their forecasts before the weather changes. The forecasters continually monitor PIREPs (pilot weather reports), surface observations, weather radar, satellite images and computer model guidance. When any new information indicates that the weather is likely to develop in a manner significantly different from the current aviation forecast, procedures call for the forecast to be revised immediately—and not to wait for the weather to change first.

During the period from May to July 1999, a total of 9,086 proactive TAF amendments were issued. The combined total of all amendments issued prior to or within 20 minutes of a significant change in the weather was just over 90%. The average time required to prepare and deliver a new forecast after a significant change occurred was just 14 minutes.

3.1.2 PERFORMANCE MEASUREMENT OF WEATHER OBSERVATIONS

The observation informing the pilot and the forecaster of changing weather must also be collected and transmitted without delay. MSC has placed a priority upon improving the promptness of not only having its observers or AWOS issue special observations (SPECI) quickly in these cases, but in ensuring that they are delivered to the telecommunications network rapidly. A target of 95% of SPECI being available to the network within five minutes has been set by EC; Figure 3 shows the performance results compared to this target.

A number of other aspects of forecast and observation quality are routinely measured by MSC. Detailed site-by-site performance results for a number of these parameters are captured in MSC's quarterly operations reports to NAV CANADA. Copies of these can be found under "publications" on the NAV CANADA web site at www.navcanada.ca.

3.2 RESEARCH AND DEVELOPMENT

Science is the underpinning of a modern weather service, critical to every function. Each and every product and service is created using the scientific knowledge of the forecaster and the computer weather models. Research and development are critical if a weather service is to continue to improve the quality, diversity and utility of its services and products.

Environment Canada is recognized around the world for the quality of its research. This gives MSC the status to become involved in international research projects, which has a great multiplier effect on the value of its own research. In addition, MSC enters into co-operative research programs with Canadian universities, research institutes and private industry.

3.2.1 COMPUTER MODELS

The computer is one of the most useful tools for the modern forecaster. MSC's super computer at the Canadian Meteorological Centre (CMC) is one of the fastest in the world, and runs the atmospheric models upon which the forecasters rely heavily when formulating their predictions. EC research which goes into improving the model outputs will lead directly to improvements in the quality of all the aviation weather forecasts.

Computer models ingest weather data from around the world—observations from land stations, ships and buoys, upper air soundings, aircraft reports and data from geostationary and polar-orbiting satellites. This data is mathematically massaged and interpolated to a three-dimensional grid which the computer uses as a 3D picture of the current state of the atmosphere. Development of improved observation technologies and data analysis techniques can expand the types of data which can be used in this "initialization" of the model. For example, research into new satellite and radar technologies and processing techniques is aimed at incorporating these very high resolution data sets into the models.

The laws of physics, in the form of a set of equations, are then applied to this gridded data to project the state of the atmosphere forward in time. Research into the improvement of these equations and more efficient methods of computation are greatly improving the accuracy and speed of the calculations. As a consequence, higher-resolution models can be envisioned, with better representations of the physical processes as higher scales are resolved. This will result in

improved accuracy, particularly in areas of significant weather such as frontal zones and large thunderstorm complexes. There are many processes which occur on too fine a scale for the observing system or the computer models to deal with, or are simply too complicated to model. Many of these are dealt with by the forecaster when interpreting the model's output charts and transforming them into useful forecast products. However, some of these processes can be modeled in a less direct manner. The data which the computer model does produce can be manipulated in various ways using specialized algorithms to allow the computer to output information pertaining to these more difficult forecasting problems. For example, MSC will use the results obtained during the Mesoscale Alpine Program (September to November 1999) to improve the model outputs of weather over mountainous terrain, which is not as accurately represented by the current models.

Statistical forecasting techniques are being developed by CMC which will permit automated forecasts of ceilings and visibilities based on GEM model output. This will ease and speed the preparation of forecasts.

THE GLOBAL ENVIRONMENTAL MULTISCALE MODEL

THE CURRENT ATMOSPHERIC COMPUTER MODEL USED OPERATIONALLY IN CANADA IS THE GLOBAL ENVIRONMENTAL MULTISCALE (GEM) MODEL. THE GEM CAN BE RUN IN EITHER REGIONAL OR GLOBAL MODE. WHEN IN GLOBAL MODE, IT CAN HAVE VARIABLE RESOLUTION, ALLOWING GREATER DETAIL IN SPECIFIC AREAS OF INTEREST (SUCH AS OVER CANADA) AND REDUCED RESOLUTION AND COMPUTATIONAL LOAD ELSEWHERE. COMPUTATIONS TO ADVANCE THE WEATHER IN TIME TAKE PLACE AT 28 LEVELS VERTICALLY IN THE ATMOSPHERE, IN TIME STEPS OF 2,700 SECONDS. EVENTUALLY THE MODEL WILL BE UPDATED TO ACCOUNT FOR THE RELATIVE BUOYANCY OF AIR OF DIFFERENT DENSITIES—A NON-HYDROSTATIC MODEL. TESTS WITH A NON-HYDROSTATIC VERSION OF THE GEM MODEL HAVE ALREADY BEGUN AND RESULTS ARE PROMISING.

3.2.2 AVIATION WEATHER RESEARCH

One of the areas of research at MSC which most closely focuses on aviation weather is aircraft icing. A historical record of where icing conditions are known to have occurred in the past is a useful tool for forecasting the future. Therefore, research on the climatology of freezing precipitation across Canada has been carried out, with a focus on characterizing the icing conditions around the Great Lakes and North Atlantic areas.

Also important is a thorough understanding of the processes involved in the creation of the super-cooled water droplets which cause some of the more serious icing conditions. MSC has conducted or been involved in several experimental programs in which aircraft icing was either the main focus or an important facet. These include the two Canadian Atlantic Storms Projects and three freezing drizzle experiments. As one result of these experiments, changes in model parameters will be proposed in order to produce forecasts of aircraft icing, super-cooled water clouds, and liquid, freezing and frozen precipitation—three weather features of great interest to aviators.

An important part of forecasting the weather is reviewing the actual weather to see how well the forecast performed. This feedback is critical to detecting errors in forecast techniques. Satellite verification of icing forecasts is being developed to help improve MSC's understanding of the weather processes which result in these dangerous conditions.

Meteorologists at each forecast centre periodically undertake projects to investigate or develop new aviation forecast techniques that take advantage of the most current technology. Their attendance at scientific conferences offers them exposure to research scientists and other operational meteorologists, and new techniques and concepts often develop from these interactions.

3.2.3 THE FUTURE OF AVIATION WEATHER R&D

In addition to continuing work in the above areas there are a number of new initiatives which will add to MSC's role in aviation weather research.

As societies become more and more dependent upon complicated infrastructure, the impact of severe or "high impact" weather is increasing dramatically. A significant fraction of aviation scheduling delays and aircraft accidents are the result of weather. MSC's Meteorological Research Branch has proposed the creation of a Canadian Weather Research Program. This program will take advantage of MSC's recognized expertise in the areas of high-resolution computer modeling, advanced data assimilation, and Doppler radar. This program will coordinate with the United States Weather Research Program and the World Weather Research Program of the WMO. Critical aspects of the program's

effectiveness depend upon the plan to set research priorities in concert with the MSC's clients and to ensure a rapid and effective process for transferring research results into operational practice.

AIRCRAFT ICING RESEARCH ALLIANCE

In March 1999, prospective Aircraft Icing Research Alliance (AIRA) members met in Toronto to develop the rationale and basic plans for conducting field research during the 1999-2000 winter. The name AIRS (Alliance Icing Research Study) was proposed for this first project done under the Alliance. AIRS priorities include remote sensing of aircraft icing regions, characterization of the aircraft icing environment, forecasting of aircraft icing conditions, and aircraft performance under icing conditions. MSC scientists are leading the overall effort and have identified a series of remote sensing research projects as the MSC contribution to the AIRS.

Funding has been obtained for a five-week research effort in December 1999 and January 2000 involving 85 hours of research flying and surface-based remote sensing, based in Mirabel, Quebec and Ottawa, Ontario. Additional funding is being sought to extend the project to seven weeks and 110 hours of flight time. These projects will evaluate the utility of various remote sensing instruments, including radiometers, radars, LIDARs, and satellites for determining aircraft icing conditions aloft. They will also provide additional icing environment characterization, icing forecast validation, and provide a basis for the improvement of very short range icing forecast techniques.

ALLIANCE ON ICING

THE AIRCRAFT ICING RESEARCH ALLIANCE (AIRA) IS LED BY ENVIRONMENT CANADA WITH THE INVOLVEMENT OF THE NATIONAL RESEARCH COUNCIL, TRANSPORT CANADA, NASA, AND THE US FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. AIRA HAS FIVE MAJOR GOALS WHICH CONTRIBUTE TO AIR TRANSPORTATION SAFETY.

- **DEVELOP AND MAINTAIN AN INTEGRATED AIRCRAFT ICING RESEARCH STRATEGIC PLAN THAT BALANCES SHORT-TERM AND LONG-TERM RESEARCH NEEDS.**
- **IMPLEMENT THE INTEGRATED AIRCRAFT ICING RESEARCH STRATEGIC PLAN THROUGH THE RESEARCH COLLABORATION OF AIRA MEMBERS.**
- **STRENGTHEN AND FOSTER LONG-TERM AIRCRAFT ICING RESEARCH EXPERTISE.**
- **EXCHANGE TECHNICAL AND SCIENTIFIC INFORMATION.**
- **DEVELOP CRITICAL AIRCRAFT ICING TECHNOLOGIES.**

There has been a proposal for the future development of a prototype aircraft icing detection and warning system. As currently envisioned, the system would be developed in concert with Transport Canada, the National Research Council, NASA, and the US Federal Aviation Agency (FAA). This system will integrate inputs from ground- and satellite-based remote sensing instruments, very high resolution computer forecast models, and statistical data-bases. It is expected to provide a real-time and short-term forecast of icing conditions aloft and on the ground. It will generate warnings for both hazardous ground icing conditions and moderate to severe icing conditions aloft.

WAKE VORTEX

Since 1993, MSC has been providing meteorological consulting services to the Transport Canada Wake Vortex Project Team (WVPT). Aircraft wake vortices constitute one of the main obstacles in the efficiency of airport takeoff and landing operations, as aircraft separation distances are designed so as to avoid the wake turbulence of the previous plane. Once generated by the aircraft, it is the atmosphere that dictates the behaviors of the wakes. For many years aviation authorities and scientists have been studying techniques and systems which would enable safe reduction of these separation distances in order to improve airport capacities. In 1999-2000 the Wake Vortex Project Team will be using data from meteorological and vortex sensors installed at Dallas-Fort Worth Airport in Texas and testing it in various prediction systems. (For information on the Transport Canada Wake Vortex Prediction Project please visit: http://www.tc.gc.ca/tdc/projects/air/9051.htm.)

3.3 INVESTING IN TECHNOLOGY

The weather business is technology-intensive. Technology is required for aviation weather services in four broad categories:

1. sampling of current atmospheric conditions to produce weather observations;
2. computer modeling of atmospheric processes to produce weather forecasts;
3. computer software to put the weather observations and forecasts into usable formats for a wide variety of aviation users with different needs; and,
4. telecommunications to exchange the information and provide it to all users in a timely fashion.

Keeping on top of leading-edge technology is essential to operating a world-class aviation weather service. MSC has a solid infrastructure of technological research personnel that ensures the newest technologies are put to the best possible use. In addition, NAV CANADA, as the Aviation Weather Service provider, demands that the most up-to-date weather technology is available in order to provide the best weather information possible to its clients. To this end, NAV CANADA funds Technology Assessment and Development Projects run by MSC scientists.

3.3.1 WEATHER OBSERVATIONS

Accurate reports of current weather conditions are essential to flight planning and operations, and to producing high-quality forecasts. Getting this information from the vast sparsely populated regions of Canada can be difficult. From the necessity of producing the quality observations that the operation of a safe and efficient air navigation system demands, Environment Canada has forged to the forefront of observing technology.

SURFACE WEATHER OBSERVATIONS

The foundation of aviation weather services is the surface weather observation. Observations consist of wind direction and speed, cloud height and amount, visibility, occurrence of weather phenomena such as precipitation or fog, atmospheric pressure and altimeter setting, precipitation accumulation amounts, temperature, and humidity. Typically, aviation weather observations are produced on the hour (METAR) and when significant changes in conditions occur (SPECI), such as the beginning or ending of precipitation, and deteriorating or improving ceiling and visibility conditions.

In years past, all weather observations were prepared by meteorological technicians, who read the various weather instruments and coded those readings into a weather report. Advances in technology and telecommunications have allowed for the automation of weather observations and an increase in the amount of information available.

When MSC first began experimenting with automation in 1969, regular weather reports were available from a few hundred sites across Canada. Automation has allowed for routine reports from over 600 sites today. Automated stations report to various standards and levels. Although all weather reports provide valuable information, it is important to realize that there are specific standards that an observation must meet to be suitable for aviation operations. Only those observations from an Automated Weather Observation System (AWOS) and coded into METAR and SPECI format meet the aviation standards for automated reports.

The MSC-designed AWOS currently has instruments that report cloud heights and amount up to 10,000 feet, visibility, temperature, dewpoint, wind velocity and atmospheric pressure. A combination of instruments allows reports of the occurrence of rain, drizzle, snow, hail, freezing rain and freezing drizzle, along with total accumulated amounts of precipitation. Icing in the absence of precipitation is also detected.

MSC is recognized as a world leader in automated observing technology. In particular, the user consultation and input to the acceptance of AWOS for aviation use is unparalleled in the world (see "Evaluating AWOS"). The traditional

weather observer's reports are still the weather "eyes" at the busier airports across the country, but at many locations AWOS is proving to be a reliable and cost-effective source of weather observations.

A recent addition to the suite of observation products offered by MSC is the Limited Weather Information System (LWIS). Built on the proven AWOS platform, the LWIS message consists of wind, temperature, humidity and altimeter setting information. Hourly messages are sent over the telecommunications networks, and minutely messages are available to pilots operating in the area of an LWIS via voice generated VHF radio broadcasts. LWIS is being offered by NAV CANADA as a level of service during quiet hours at some airports, or at smaller airports that do not require a full observation.

EVALUATING AWOS

THE AVIATION AWOS PERFORMANCE EVALUATION (AAPE) WAS CARRIED OUT AS ONE INITIATIVE WITHIN THE AWOS ACTION PLAN ANNOUNCED BY TRANSPORT CANADA IN DECEMBER 1994. THE PRIMARY PURPOSE OF THIS EVALUATION WAS TO ESTABLISH, AS CLEARLY AS POSSIBLE, THE EXTENT TO WHICH AUTOMATED WEATHER OBSERVATION SYSTEMS (AWOS) COULD MEET AVIATION USERS' OPERATIONAL REQUIREMENTS FOR WEATHER OBSERVATIONS. OBSERVATIONS FROM CO-LOCATED AWOS AND HUMAN OBSERVING PROGRAMS WERE COLLECTED FOR A FULL YEAR AT SEVEN SITES AND ORGANIZED INTO A RELATIONAL DATA-BASE FOR COMPARISON.

THE GOAL FROM THE OUTSET WAS TO CONDUCT THE EVALUATION IN AN OPEN, TRANSPARENT AND OBJECTIVE MANNER, INVOLVING ALL MAJOR USERS OF AWOS DATA IN ALL STAGES OF THE EVALUATION. SEVENTEEN ORGANIZATIONS WERE REPRESENTED ON THE AVIATION AWOS PERFORMANCE EVALUATION GROUP (AAPEG), INCLUDING MAJOR AIRLINES, INDUSTRY ASSOCIATIONS, EMPLOYEE UNIONS, AND GOVERNMENT DEPARTMENTS. THE GROUP PROVIDED GUIDANCE TO THE PROJECT EVERY STEP OF THE WAY.

EQUALLY IMPORTANT WAS THE FUNDAMENTAL PRINCIPLE THAT THE EVALUATION BE BASED ON SOUND SCIENCE. EVERY REASONABLE EFFORT WAS MADE TO DIG BENEATH STATED AWOS DEFICIENCIES TO REACH AGREEMENT ON THE SPECIFICS OF PERFORMANCE ISSUES AND CONSENSUS ON THE METHODS TO BE USED TO ASSESS THAT PERFORMANCE. ENVIRONMENT CANADA PLAYED A KEY ROLE AS A PRIMARY SCIENTIFIC RESOURCE FOR AAPEG. IN ADDITION, TWO INDEPENDENT AUDITORS WERE ON HAND FOR ALL KEY DISCUSSIONS AND DECISIONS. A CONSCIOUS DECISION WAS MADE TO FAVOUR CLARITY OVER SCIENTIFIC RIGOUR IN PRESENTING THE FINDINGS IN THE FINAL REPORT; HOWEVER THE DATA UPON WHICH THESE FINDINGS WERE BASED UNDERWENT A HIGH LEVEL OF QUALITY ASSURANCE AND SERVES AS THE BASIS FOR NUMEROUS SCIENTIFIC PAPERS.

THE RESULTS OF THE EVALUATION CONFIRMED WHAT WAS ACKNOWLEDGED FROM THE OUTSET: THAT AWOS AGREES WITH OBSERVERS THE MAJORITY OF THE TIME, BUT THAT SIGNIFICANT DIFFERENCES IN REPORTING METHODS LEAD TO DIFFERENCES IN REPORTS UNDER CERTAIN CIRCUMSTANCES. THE FINAL REPORT OF THE AAPEG RECOMMENDED THAT AWOS COULD MEET AVIATION REQUIREMENTS, PROVIDED THAT EXTENSIVE USER CONSULTATION AND EDUCATION WAS CARRIED OUT WHEREVER AN AWOS LEVEL OF SERVICE WAS PROPOSED. NAV CANADA HAS SINCE TAKEN THE POSITION THAT NO AWOS WILL BE COMMISSIONED FOR AVIATION USE WITHOUT THE FULL CONCURRENCE OF THE LOCAL AIRPORT USERS.

TO THE BEST OF OUR KNOWLEDGE THERE HAS NEVER BEEN A SIMILAR STUDY CONDUCTED ANYWHERE IN THE WORLD. NOWHERE ELSE WAS SUCH A REPRESENTATIVE GROUP OF USERS INVITED TO STEER SUCH A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF AN AUTOMATED WEATHER OBSERVATION SYSTEM. NOWHERE ELSE WAS SUCH A PRAGMATIC, USER-ORIENTED APPROACH ADOPTED. GIVEN THERE WERE NO PRECEDENTS AND THE PRIMARY AUDIENCE WAS NON-SCIENTIFIC, SEVERAL NEW TECHNIQUES AND INDICATORS WERE DEVELOPED TO ADDRESS SPECIFIC ISSUES. SOME OF THESE INDICATORS HAVE BEEN INCORPORATED INTO ONGOING OPERATIONAL MONITORING AND REPORTING ON AWOS PERFORMANCE.

Regardless of the type of observation being offered to the aviation community, the quality of that observation must be controlled and ensured. In 1999, MSC completed the drafting of a Quality Manual for the Production of METAR Observations. Using ISO 9002 Quality Management guidelines, this manual provides a framework of management and operational processes that will guarantee the quality and consistency of an MSC produced METAR anywhere in Canada. An added feature of the management principles of ISO is the inherent principle of continual improvement. The implementation of this Quality System in the year 2000 will give aviation users added level of confidence in the quality of an MSC METAR. Launched as a pilot project, it is anticipated that this formal Quality Management approach will be extended to all MSC products and services in the future.

Upper Air Observations

Balloons carrying weather instruments are launched twice daily at noon and midnight Universal Co-ordinated Time from locations around the world. The instruments radio information back to receiving stations concerning the temperature, humidity, winds and pressure values at various altitudes up to 35,000 metres. Canada operates 31 of these upper air observing sites. It is these observations that provide the "initialization" of the computer forecast models. From this process also comes the reports and forecasts of upper winds that are used extensively in flight planning and air traffic management.

Operating the upper air observing program in Canada has always been a difficult and expensive proposition. A high degree of accuracy is required in the measurements that are taken if the data is to produce accurate forecasts. The added complication of having to operate sensitive equipment in the harsh climates of Canada—particularly in the Arctic—requires the best in people and technology to run an effective program. Recent improvements on the technological front have taken much of the error out of the data manipulation that is required to calculate and transmit the information. Wind measurements have also benefited from the global positioning satellite (GPS) system that allows for much more accurate tracking of the instrument, and a consequent increase in the accuracy of the wind computations.

Efforts are also under way to increase the amount of upper air data that is available. Partnerships with airlines are being sought to install avionics on aircraft that will automatically transmit weather information as the planes are ascending or descending to cruising altitude, in addition to the weather information that is already routinely sent as part of position reporting at altitude. Airlines are anxious to include information on turbulence in these reports in an effort to increase in-flight comfort and safety by allowing other aircraft to be aware of and avoid areas of clear air turbulence (CAT) which can be difficult to forecast. In addition, remote sensing of the upper atmosphere from ground- or satellite-based sensors will dramatically increase both the frequency and horizontal resolution of upper air data available from around the world.

Radar Observations

Weather radar uses electromagnetic pulses to detect the presence of precipitation. Conventional radar can provide information on the location (distance, direction and height) and intensity of precipitation. If a radar has Doppler capability, it can detect the motion of the precipitation particles, and thus infer the wind speed and direction as well.

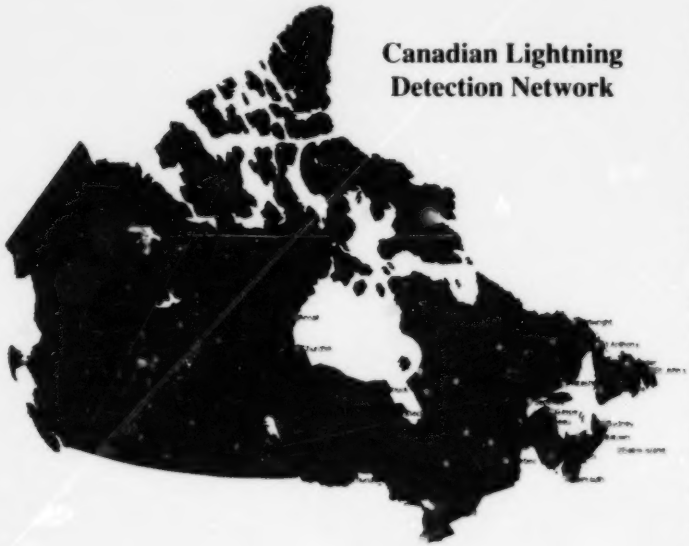
Before 1998, Canada operated 18 weather radars, only three of which had Doppler capability. In 1998, the National Radar Project was launched. This $35-million project will see the upgrade of existing conventional radars to Doppler, and the addition of 13 new radars for a total of 31 Doppler radars by the year 2003, providing coverage across the southern most populated regions of the country. Already the number of radars has increased to 22, nine of which have Doppler capability.

Radar imagery is provided to NAV CANADA Flight Services Stations for their use in weather briefings to pilots and Area Control Centres and airline dispatch offices for use in the efficient routing of air traffic. Aviation forecasters routinely depend on radar imagery to give them the high-resolution complement to the computer model outputs that are required to accurately forecast weather to the level of detail required by aviation. In particular, Doppler radar is the only technology in operational use today in Canada that can detect the occurrence of wind shear and microburst activity.

LIGHTNING OBSERVATIONS

The Canadian Lightning Detection Network marked its first full year of operation in 1998. A project was initiated in 1996 to install 81 lightning detection sensors in a grid across the country which provide 500 metre accuracy in locating 95% of all lightning strikes occurring south of the 60th parallel and over the Yukon Territory, and the southern Mackenzie Valley district of the Northwest Territories.

Information on the occurrence of a lightning strike can be displayed on a forecaster's workstation within 30 seconds of the actual strike, thanks to the use of satellite communications. The data is an invaluable addition to the radar imagery to aid the aviation forecaster in producing very detailed information about the onset and cessation of thunderstorm activity at a particular aerodrome. As well, it can be the forecaster's "eyes" in data-sparse areas that do not have the luxury of surface or radar observations.



Canadian Lightning Detection Network

Lightning data holds great promise in providing the information needed by air traffic controllers to ensure severe weather avoidance, and more efficient routing of aircraft around airports experiencing thunderstorm activity.

SATELLITE OBSERVATIONS

Environment Canada operates a number of receiving stations that ingest, process and disseminate imagery from the polar orbiting and geostationary weather satellites operated by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) of the United States. The polar orbiters are especially valuable in providing much-needed images of cloud conditions in the vast Canadian Arctic, a geographical area with scant observational coverage.

As forecasters gain more and more experience with satellites, they have found that it is not only possible to use the imagery to track cloud motion and development, but parameters critical to aviation—such as the positioning of the jet stream, and the existence of clear air turbulence (CAT)—can be inferred as well. Techniques have been developed for combining different channels, or wavelengths, of satellite-derived information for detecting fog banks at night, and volcanic ash clouds from active volcanoes. This capability has great value both in the forecast office as well as in the hands of the NAV CANADA aviation weather briefers in providing accurate and timely information to pilots.

3.3.2 WEATHER FORECASTS

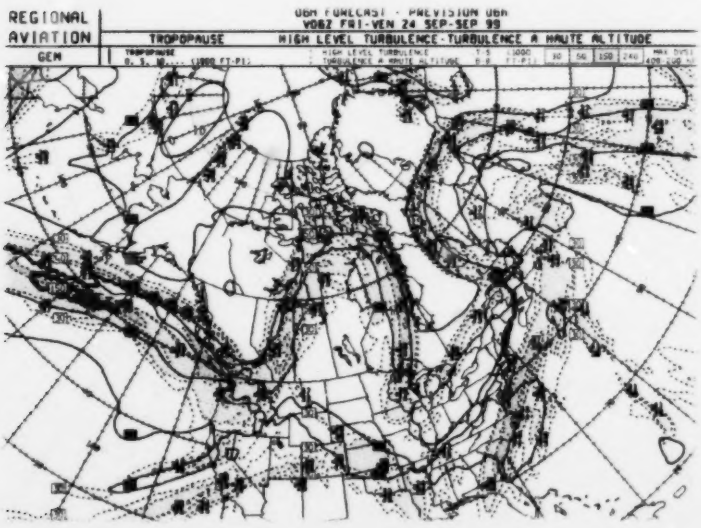
Environment Canada is a world leader in the field of weather forecast production. This role has evolved naturally as a result of the geographic immensity of Canada, and the wide range of complex weather situations that can be encountered. Aviation operations in particular have benefited significantly from Environment Canada's investments in the technology required to produce accurate and reliable forecasts.

AERODROME FORECASTS

Writing a TAF (aerodrome forecast) is an exercise in trying to accurately forecast low ceilings to within a hundred feet, and low visibilities to within a half-mile, as well as being as precise as possible about the timing of these events during active weather periods. This kind of resolution, or accuracy, is not something that is easily modeled by a computer. Today, MSC forecasters must:

- use the computer model output;
- use knowledge of the local weather-producing effects at each airport;
- access the climatology, or history, of how low ceilings and visibilities have formed and dissipated at a particular airport; and
- integrate all of the above with their meteorological expertise.

This is not an easy task, and present-day tools to aid the forecaster in accomplishing this synthesis are rudimentary at best. However, a project is now under way to create a software tool which will:



- access the historical data-bases;
- access the computer model output; and
- develop relationships for combining the two sources of information in order to automatically produce precise predictions of the critical aviation weather parameters.

It is hoped that this will effectively give the forecaster the valuable climatological information—that is, how these weather situations have evolved at this particular airport in the past—combined with the computer output so that the forecaster can concentrate on applying meteorological expertise to refine the TAF into an accurate and usable product.

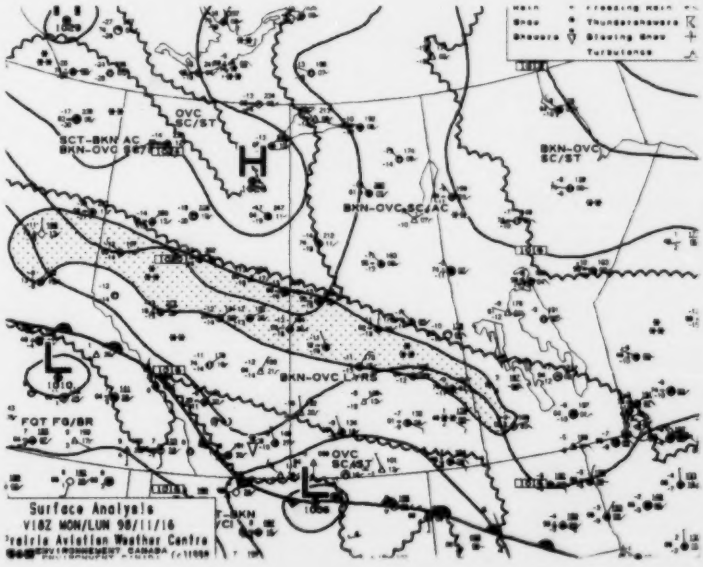
Since aircrew rely heavily on TAFs, it is important that they are amended promptly if ceiling and

visibility conditions change and no longer match the forecast. MSC uses unique configurable alerting software to notify forecasters as soon as an observation comes in for any site in their area of responsibility that does not match the forecast they have issued.

AREA FORECASTS

Traditionally, worded area forecasts have been produced to describe expected weather conditions to pilots. The area forecast, or FA, is still the basis of every weather briefing. It is a structured description of the weather systems, their movement and the associated cloud, visibility and weather conditions that can be expected over the next 12 hours for a certain geographical area.

Aviation weather briefers have been in the habit of "drawing" the FA on displays in the weather briefing offices as an aid to their briefings. Advances in graphical software packages and data dissemination systems are finally making possible the production of a graphical area forecast (GFA), commencing in April, 2000. Now, rather than having confusing coded alpha-numeric products produced in a number of different offices, five aviation forecast offices will work together to produce one national graphical depiction of the forecast weather systems and associated conditions across Canada. This will then be partitioned into regional maps for use by all aviation users (including NAV CANADA's briefers). These GFAs will essentially be the same type of depiction that the weather briefers are currently drawing using the old coded FAs. The result should be increased accuracy and utility resulting from the elimination of the coding and drawing steps, and value to the aviation industry as pilots can be briefed more quickly and with better understanding.

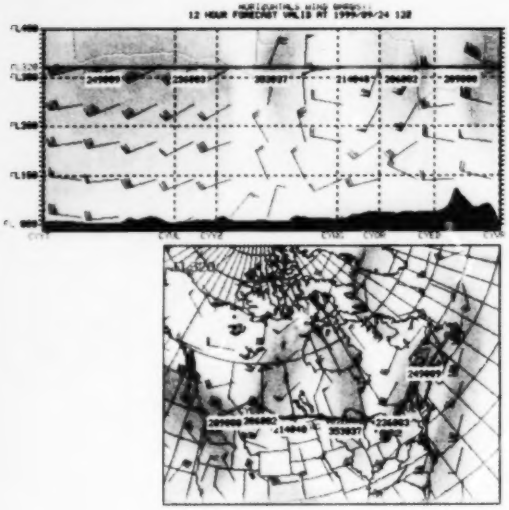


3.3.3 WEATHER PRODUCTS

Having all the weather observation and forecast information at users' fingertips in an easily understood format is the ultimate goal of the aviation weather services system. Easily understood graphical information is by far the preferable format, and MSC and NAV CANADA are working together to provide the aviation community with the useful and easily understood products it requires.

WEATHER ANALYSES

Depictions of the wind fields, pressure patterns, fronts and weather systems that give a pilot an accurate picture of the current conditions are one of the most basic tools used in pre-flight preparation. MSC has traditionally produced both computer-generated and more detailed hand-drawn



weather depictions derived from the weather observation networks. In-house development of computer software tools have allowed the forecaster to overlay raw weather observation information, satellite and radar imagery and lightning data leading to much more efficient and timely production of weather analyses.
Depictions and information of weather conditions at various heights in the atmosphere are also an essential part of aviation weather services. The GEM model at CMC routinely outputs graphical upper air analyses at arbitrary levels of the atmosphere depicting the wind and temperature fields aloft. More detailed printouts of forecast temperatures and wind speeds and directions at various flight levels up to 18,000 feet are also produced by the GEM model. Information for flight levels above 18,000 feet are provided by the National Center for Environmental Prediction in Washington D.C.

In addition to these products, entirely new forecast products are being developed for the aviation user. By far the most exciting is a web-based interactive tool being developed by MSC (with the financial backing of NAV CANADA) that will allow a pilot to input flight departure, arrival, and route information, then receive detailed cross-section and plan-view graphical forecasts of expected conditions along the planned route. The tool accesses and depicts the direct computer model output and is thus a way for pilots to "see" this information that is really only available to the forecasters today. Among the forecast parameters available will be clouds, mechanical and clear air turbulence, winds, and freezing-level information.

3.3.4 TELECOMMUNICATIONS

Of course, the plethora of information described above would be of limited value without the communications technology in place to ensure that the data is effectively and reliably delivered to those that need it. Recent advances in high-speed land lines and satellite communications have dramatically increased the reliability with which information is disseminated. NAV CANADA has started using the satellite-based NCMETSYS system that was developed by the Canadian Meteorological Centre to broadcast efficiently many of the aviation weather products used by its Air Traffic Services facilities, rather than relying on complex and expensive networks of telecommunications lines. The result: EC is able to offer 90 to 95% availability of its products within minutes of their issue times.

The World Wide Web has become the prefered method of dissemination of information in today's technological world. More and more, the general public is using computers as the main means of communication and obtaining information. MSC has worked together with NAV CANADA to make as much information as possible to the Canadian aviation public via the Internet. MSC's Aviation Weather Centre in Montreal currently maintains a web server that can be accessed

through the NAV CANADA web site to provide up-to-date METAR and TAF information for all airports across Canada, as well as other forecast products and imagery. The addition of interactive tools currently under development will greatly enhance this readily available service to the aviation community of Canada.

Flying forward

4

The aviation industry has grown tremendously over the last 30 years. Aviation is the fastest and safest mode of transportation available today. As globalization of the business world continues apace with new communications technology, growth in air traffic will continue as business makes contact with the new markets it encounters. Likewise, the burgeoning tourism industry shows no sign of slowing down. A further effect of the shrinking global village will be increased demands on our Armed Forces, as they work around the world providing aid and assistance as required.

Aviation meteorology must be innovative and flexible to meet the new challenges it will face in the next 30 years. More specialized observation programs will be required to meet ever-more refined user demands. More and more crowded skies and airports will require forecasts of ever-increasing quality and utility with a suite of products that transcends the present day METAR/TAF standard. Increased usability of the new observing technologies such as lightning detection, Doppler radar and satellite imagery by putting it in formats easily understood and interpreted by end users will be essential to the modern Canadian aviator. All of these products will be required for geographic locations anywhere in the world in support of civil aviation and the operations of DND.

Some of the initiatives underway within EC that are paving the road to the future are: improved resolution of computer models; wake vortex, icing and turbulence research; investigation into aerodrome operational efficiency forecasts to ensure the most efficient usage of runways, ramps and de-icing operations; new observing technologies; and, new and more useful aviation weather products such as the GFA.

The Meteorological Service of Canada is poised to improve their aviation weather service offerings in many ways as the requirements of the industry evolve. A strong infrastructure in support of operations, research and development ensures that MSC is in the best possible position to move into the future. This, coupled with our relationship with NAV CANADA, other service providers, end users and the international community ensures awareness and satisfaction of user requirements. Now that this concept of weather being offered in a client/service-provider relationship has matured within the organization, the aviation community can expect MSC to be responsive to its needs. World-class aviation weather services are what aviators expect, and what MSC will always strive to deliver.

For More Information:

Interagency Services Branch
Meteorological Service of Canada
Environment Canada
E1-373 Sussex Drive
Ottawa, Ontario
K1A OH3

Appendix

Acronyms Guide

This guide to the acronyms used in this report has been prepared to assist those readers who may not be thoroughly familiar with the technical terminology and acronyms generally employed in the aviation weather field.

AAPE	Aviation AWOS Performance Evaluation
AES	Atmospheric Environment Service
AIRA	Aircraft Icing Research Alliance
APT	Automatic Picture Transmission
ATEAM	Advanced Techniques Applied to Aeronautical Meteorology
AWOS	Automated Weather Observing System
CARAC	Canadian Aviation Regulations Advisory Council
CAT	Clear Air Turbulence
CF	Canadian Forces
DND	Department of National Defence
EC	Environment Canada
FA	Area Forecast
FAA	(United States) Federal Aviation Administration
GEM	Global Environmental Multiscale

GFA	Graphic Area Forecast
ICAO	International Civil Aviation Organization
LWIS	Limited Weather Information System
MANAIR	Manual of Standards and Procedures for Aviation Weather Forecasts
MANOBS	Manual of Surface Weather Observations
METAR	Coded hourly weather observation in aviation format
MSC	Meteorological Service of Canada
NCTI	NAV CANADA Training Institute
NOAA	(United States) National Oceanic and Atmospheric Administration
NWS	(United States) National Weather Service
PIREP	Pilot weather report
PROMET	Working Group for the Provision of Meteorological information required by civil aviation
SIGMET	Significant Meteorological warning message
SPECI	Special aviation surface weather observation to report significant changes other than on the hour
TAF	Aerodrome Forecast
TC	Transport Canada
VAAC	Volcanic Ash Advisory Centre
VFR	Visual Flight Regulations
WAFC	World Area Forecast Centre
WAFS	World Area Forecast System
WMO	World Meteorological Organization
WVPT	Wake Vortex Project Team

Poursuivons notre envolée

VICES DE METEOROLOGIE AERONAUTIQUE D'ENVIRONNEMENT CANA

Canada

Poursuivons notre envolée

Les services de météorologie aéronautique
d'Environnement Canada

Données de catalogage avant publication (Canada)

Service météorologique du Canada

Poursuivons notre envolée : les services de météorologie
aéronautique d'Environnement Canada

Texte en anglais et en français disposé tête-bêche.
Titre de la p. de t. addit. : Flying forward.
ISBN 0-662-64869-2
No de cat. En56-149/2000

1. Météorologie aéronautique – Canada – Histoire.
I. Titre.
II. Titre : Les services de météorologie aéronautique d'Environnement Canada.
III. Titre : Flying Forward.

TL558.C3F59 2000 629.132'4'0971 C00-980142-1F

PERSPECTIVE MINISTÉRIELLE

LA FOURNITURE DE SERVICES METEOROLOGIQUES A LA POPULATION CANADIENNE, AINSI QU'AUX ORGANISMES ET ENTREPRISES DES SECTEURS PUBLIC ET PRIVE, EST LE FRUIT D'UNE LONGUE TRADITION AU SEIN DU GOUVERNEMENT FÉDÉRAL. LA PREMIÈRE PRÉVISION METEOROLOGIQUE OFFICIELLE A ÉTÉ DIFFUSÉE EN 1871, APRÉS QUE LE GOUVERNEMENT FÉDERAL EUT OUVERT LE BUREAU NATIONAL DES SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES À TORONTO ET MIS SUR PIED UN PETIT RÉSEAU DE STATIONS D'OBSERVATION MÉTÉOROLOGIQUE. DEPUIS, LE GOUVERNEMENT FÉDÉRAL FOURNIT SANS RELÂCHE DES OBSERVATIONS ET DES SERVICES DE PREVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES AUX CANADIENS.

DANS LE CADRE DE SES RELATIONS COMMERCIALES AVEC NAV CANADA, ENVIRONNEMENT CANADA AGIT À TITRE DE FOURNISSEUR DE SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES POUR TOUS LES UTILISATEURS DE NOTRE ESPACE AÉRIEN. NOUS TRAVAILLONS CONJOINTEMENT À LA CRÉATION D'UN SERVICE DE PRÉVISIONS METEOROLOGIQUES POUR L'AERONAUTIQUE DE CALIBRE MONDIAL, REPOSANT SUR UNE PERFORMANCE DE GRANDE QUALITE ET UN ENGAGEMENT D'AMÉLIORATION CONTINUE. C'EST D'AILLEURS GRÂCE À LA MESURE DE NOTRE PERFORMANCE QUE NOUS POUVONS ÊTRE CERTAINS DE NOTRE TAUX DE RÉUSSITE. EN FAIT, ENVIRONNEMENT CANADA EST DEVENU UN CHEF DE FILE MONDIAL DANS LA CONCEPTION ET L'UTILISATION D'UN SYSTÈME DE MESURE DE LA PERFORMANCE SPÉCIFIQUE À L'AVIATION.

EN OUTRE, LA MISE EN OEUVRE D'UN SOLIDE PROGRAMME DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT NOUS A PERMIS D'AMELIORER CONTINUELLEMENT NOTRE PERFORMANCE, NOTAMMENT EN CE QUI A TRAIT AU VOLUME ET AU TYPE D'INFORMATIONS QUE NOUS RECUEILLONS ET UTILISONS, AINSI QU'À LA QUALITÉ ET À LA RAPIDITÉ DE NOS MODÈLES INFORMATIQUES DANS LA SIMULATION DES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES. DE CONCERT AVEC LE MILIEU DE L'AVIATION, NOUS PARTICIPONS ACTUELLEMENT ACTIVEMENT AUX EFFORTS DE RECHERCHE SUR DE NOMBREUX ASPECTS DE LA MÉTÉOROLOGIE AERONAUTIQUE EN VUE D'ACCROÎTRE NOTRE COMPRÉHENSION DES PROCESSUS QUI PEUVENT INFLUER LA SÉCURITÉ ET L'EFFICACITE DES OPERATIONS AÉRIENNES.

UNE PARTIE DE NOTRE ENGAGEMENT D'AMÉLIORATION CONTINUE COMPREND UN INVESTISSEMENT DANS LES TECHNOLOGIES DE POINTE. EN INTRODUISANT LA TECHNOLOGIE D'OBSERVATION MÉTÉOROLOGIQUE AUTOMATISEE, NOUS AVONS CONSIDERABLEMENT ACCRU LE NOMBRE DE SITES D'OBSERVATION DANS TOUT LE CANADA. DE PLUS, AVEC LE LANCEMENT DU PROJET NATIONAL DE RADARS EN 1998, NOUS PORTERONS LE NOMBRE DE NOS RADARS DOPPLER À 31, CE QUI A CONTRIBUE A AMELIORER LA QUALITÉ DES PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES DESTINÉES NON SEULEMENT AU GRAND PUBLIC, MAIS AUSSI AUX UTILISATEURS DE L'INDUSTRIE DE L'AVIATION.

ENVIRONNEMENT CANADA EST FIER DE SES RÉALISATIONS ET JOUIT MAINTENANT D'UNE RÉPUTATION ENVIABLE À TITRE DE LEADER MONDIAL DANS LE DOMAINE DES SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES. GRÂCE AU DÉVOUEMENT DE NOS METEOROLOGISTES HAUTEMENT QUALIFIES ET COMPÉTENTS, NOUS OCCUPONS UNE PLACE AU PREMIER RANG DE LA SCÈNE MONDIALE DE LA MÉTÉOROLOGIE. NOUS SOUHAITONS QUE VOUS PARTAGIEZ CETTE FIERTÉ LA PROCHAINE FOIS QUE VOUS PRENDREZ L'AVION AU CANADA.

David Anderson

L'HONORABLE DAVID ANDERSON

TABLE DES MATIÈRES

Perspective ministérielle i

1.0 Introduction 1

1.1 Environnement Canada — Service météorologique du Canada 1
1.2 Historique du Service de météorologie aéronautique du Canada 2

2.0 La Météorologie aéronautique au Canada 5

2.1 Partenaires et clients 5
2.1.1 NAV CANADA 5
2.1.2 Défense nationale 7
2.1.3 Transports Canada 8
2.1.4 Partenaires internationaux 9
2.1.5 Le grand milieu de l'aviation 10
2.1.6 Le Bureau de la sécurité des transports 10
2.1.7 Autres clients et partenaires 10

3.0 Qualité de la performance 13

3.1 Surveillance et mesure de la performance 13
3.1.1 Mesure de la performance des prévisions 13
3.1.2 Mesure de la performance des observations météorologiques 15
3.2 Recherche et développement 16
3.2.1 Modèles informatiques 16
3.2.2 Recherche en météorologie aéronautique 17
3.2.3 L'avenir de la R-D en météorologie aéronautique 18
3.3 Investir dans la technologie 20
3.3.1 Observations météorologiques 20
3.3.2 Prévision météorologiques 26
3.3.3 Produits météorologiques 28
3.3.4 Télécommunications 29

4.0 Poursuivons notre envolée 31

Appendice : Acronymes 33

Introduction 1

1.1 Environnement Canada — Service météorologique du Canada

Le Service météorologique du Canada (SMC) d'Environnement Canada (EC) a connu des débuts modestes il y a environ 125 ans, mais il compte maintenant des centaines de météorologistes, de techniciens, de spécialistes en technologies de l'information (TI) et de chercheurs, dont la tâche consiste à informer les Canadiens de l'évolution des conditions atmosphériques. Les résultats les plus tangibles du travail qu'ils accomplissent sont les avertissements de l'imminence du temps violent qui constitue un danger pour la santé et le bien-être des Canadiens, l'émission de bulletins réguliers sur les conditions météorologiques générales prévues avec quelques jours d'avance, les prévisions saisonnières à plus long terme en appui à la planification économique et les prévisions spécialisées pour des intérêts spécifiques.

Pour tout ce qui concerne les prévisions destinées à la population canadienne, la tâche du SMC va plus loin dans l'examen des nombreux aspects de l'atmosphère. La chimie de l'atmosphère, par exemple, a une incidence sur l'équilibre radiatif de l'atmosphère, en plus d'influer quotidiennement les conditions météorologiques. Les résultats des recherches sur l'ozone et le phénomène mondialement connu du changement climatique contribuent à augmenter la qualité des prévisions en améliorant la compréhension des processus atmosphériques. De même, les travaux du SMC en matière de modélisation des océans ont permis de réaliser des progrès qui ont conduit à une meilleure compréhension des processus en surface dans les régions froides ou couvertes de glaces, et l'évaluation des effets de la biosphère sur l'atmosphère améliore sans cesse la qualité des prévisions atmosphériques.

Un grand nombre d'experts du SMC veillent à fournir des services météorologiques au milieu de l'aviation du Canada aux termes d'une entente commerciale avec NAV CANADA. Dans toutes les régions du pays, des instruments servant à

l'observation des conditions météorologiques installés dans les aéroports et entretenus par le SMC sont utilisés pour renseigner les pilotes sur le temps présent, de façon à ce qu'ils mènent à bien leurs opérations en toute sécurité. À chaque heure du jour, les prévisionnistes analysent les données provenant de ces instruments, ainsi que d'autres observations, sorties de modèles informatiques et images radar et satellitaires, en vue de fournir des prévisions spécialisées aux aviateurs pour les aider à accomplir efficacement leurs opérations.

Le SMC mène également des recherches approfondies sur les phénomènes météorologiques qui influent directement l'aviation, notamment dans les régions touchées par des conditions prévisibles de turbulence, de givrage, d'orages et de vents forts. Cette activité ne vise pas uniquement la compréhension de la science qui sous-tend les phénomènes météorologiques, mais aussi l'élaboration de nouveaux produits, services et techniques pour présenter l'information aux utilisateurs et aider le milieu de l'aviation à mieux se préparer face à des conditions météorologiques dangereuses. La plupart des travaux du SMC comportent des engagements à long terme qui s'échelonnent sur des années et des décennies.

1.2 HISTORIQUE DU SERVICE DE MÉTÉOROLOGIE AÉRONAUTIQUE DU CANADA

Le Service météorologique du Canada a été créé en 1871 lorsque le nouveau gouvernement fédéral en place confia à George Kingston (alors directeur de l'Observatoire de Toronto et professeur de météorologie à l'Université de Toronto) un montant de 5 000 dollars pour mettre sur pied un bureau national de services météorologiques à Toronto et un réseau de stations d'observation des conditions météorologiques. De plus, pour répondre à la demande de la population, un système national d'avertissements/alertes météorologiques vit le jour en 1873.

L'essor qu'a connu par la suite l'industrie de l'aviation et l'expérience acquise pendant la Seconde Guerre mondiale ont conduit le Service météorologique à élargir ses activités pour offrir des prévisions météorologiques visant la sûreté, la sécurité et le rendement économique de ce nouveau secteur du transport. Entre 1936 et 1970, la gestion du Service météorologique relevait du ministère des Transports, et les avertissements météorologiques à l'intention du public étaient préparés en grande partie comme des sous-produits de l'appui météorologique à l'industrie canadienne de l'aviation, alors en pleine croissance. Pendant des années, le Service météorologique de l'époque a non seulement émis des avertissements, mais a aussi recueilli des observations météorologiques, ce qui a grandement contribué à l'avancement de la météorologie au Canada.

En 1971, toutes les fonctions météorologiques ont été placées sous la responsabilité d'un nouveau service mis sur pied par Environnement Canada, le Service de l'environnement atmosphérique (SEA). On n'allait plus se préoccuper uniquement des effets de l'atmosphère sur les activités journalières. Le SEA se voyait confier un mandat élargi incluant l'évaluation de l'incidence des activités humaines quotidiennes sur l'atmosphère et l'environnement. Ce changement de vision de l'environnement a donné naissance au concept qu'on allait bientôt nommer le « développement durable ».

En 1994, les services hydrométriques ont été fusionnés au SEA. Les progrès réalisés sur les plans scientifique et technologique non seulement ont contribué à améliorer la compréhension et l'évaluation des phénomènes météorologiques, mais ils ont également accru la quantité et la variété des informations qu'on pouvait offrir. Grâce à l'accessibilité de l'information et des prévisions d'un océan à l'autre, le SEA peut renseigner la population canadienne, tous les paliers gouvernementaux et les secteurs de l'économie.

LES GRANDES DATES DE LA MÉTÉOROLOGIE AÉRONAUTIQUE AU CANADA

- **DÈS 1917,** LA BASE DE BORDEN COMMENCE À RECEVOIR DES PRÉVISIONS JOURNALIÈRES POUR LA FORMATION DE VOL.
- **AU DÉBUT DES ANNÉES 1920,** PLUSIEURS STATIONS DE LA COMMISSION DE L'AIR BÉNÉFICIE DE SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES POUR LEURS OPÉRATIONS MILITAIRES AÉRIENNES. IL S'AGIT D'OBSERVATIONS DE BALLON PILOTE À PLUSIEURS STATIONS DU **MDN** ET DE PRÉVISIONS PUBLIQUES TRANSMISES AUX BASES PAR TÉLÉSCRIPTEUR.
- **EN 1928,** ON OUVRE UN BUREAU DE PRÉVISIONS ET DE BREFFAGE AÉRONAUTIQUES EN VUE DE LA CRÉATION D'UN SERVICE AÉRIEN DANS TOUS LES PAYS DE L'EMPIRE BRITANNIQUE.
- **EN 1939,** L'ÉLABORATION ET LA DIFFUSION DE L'INFORMATION MÉTÉOROLOGIQUE ET DES RENSEIGNEMENTS SUR LE TEMPS PRÉSENT SONT CONFIÉES AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS.
- LE 3 SEPTEMBRE 1939, LA GRANDE-BRETAGNE DÉCLARE LA GUERRE À L'ALLEMAGNE; LE LENDEMAIN, LE BUREAU DE SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES D'HALIFAX ENTRE EN OPÉRATIONS ET, PLUS TARD DANS LE MOIS, UNE ÉCOLE DE FORMATION EN MÉTÉOROLOGIE OUVRE SES PORTES AFIN D'APPUYER LES OPÉRATIONS MILITAIRES.
- LE PLAN D'ENTRAÎNEMENT AÉRIEN DU COMMONWEALTH BRITANNIQUE ACCROÎT LE NOMBRE DE DEMANDES DANS LES ÉCOLES DE PILOTAGE MILITAIRE À EDMONTON, SASKATOON, REGINA, CALGARY, BRANTFORD, DUNNVILLE, FORT MACLEOD, MONCTON, KINGSTON ET MOOSE JAW, AINSI QUE DANS LES ÉCOLES DE NAVIGATION AÉRIENNE DE TRENTON ET DE RIVERS; ON LANCE DES OFFRES D'EMPLOI POUR COMBLER 90 POSTES DE TECHNICIENS EN MÉTÉOROLOGIE.
- DES SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES SONT FOURNIS AUX NAVIRES EN SERVICE COMMANDÉ TRANSPORTANT DES AVIONS JUSQU'EN ANGLETERRE.
- **EN 1943,** ON APPROUVE LA PROMOTION DE TECHNICIENS MÉTÉOROLOGISTES AU RANG D'OFFICIERS : 246 SONT COMMISSIONNÉS ET 983 DEMEURENT À L'EMPLOI DU MINISTÈRE DES TRANSPORTS.
- APRÈS LA SECONDE GUERRE MONDIALE, LES SERVICES DES DEUX TIERS DES PRÉVISIONNISTES N'ÉTANT PLUS REQUIS, LES TECHNICIENS MÉTÉOROLOGISTES COMMISSIONNÉS RETOURNENT À LEURS FONCTIONS CIVILES.

- L'environnement a donné naissance au concept qu'on allait bientôt nommer le « développement durable ».
- En 1994, les services hydrométriques ont été fusionnés au SEA. Les progrès réalisés sur les plans scientifique et technologique non seulement ont contribué à améliorer la compréhension et l'évaluation des phénomènes météorologiques, mais ils ont également accru la quantité et la variété des informations qu'on pouvait offrir. Grâce à l'accessibilité de l'information et des prévisions d'un océan à l'autre, le SEA peut renseigner la population canadienne, tous les paliers gouvernementaux et les secteurs de l'économie.
- En 1962, une entente entre les ministères de la Défense nationale et des Transports stipule que toutes les analyses, cartes prévues et prévisions sont fournies par le ministère des Transports (le MDN pouvant continuer d'effectuer des observations aux sites habituels).
- L'entente complementaire sur les télécommunications conclue entre le Canada et les États-Unis en 1965 donne lieu à l'ouverture de cinq stations de transmission automatique d'images (APT) à partir de satellites météorologiques en voie d'installation à Halifax, Toronto et Cold Lake.
- 1965-1966 marque l'arrivée d'un premier ordinateur de traitement de données météorologiques au ministère des Transports.
- Dès sa création, en 1971, Environnement Canada (EC) prend la relève des services météorologiques, et la Division des services météorologiques devient le Service de l'environnement atmosphérique (SEA).
- En 1996, NAV CANADA est créé et prend la direction des opérations du Système de navigation aérienne de Transports Canada (TC). Aux termes d'une entente, NAV CANADA retient les services d'EC en tant que fournisseur de services météorologiques pour l'aeronautique.
- En 1999, le SEA devient le Service météorologique du Canada.

Pour en savoir plus sur l'histoire du Service météorologique du Canada, visitez notre site La Voie verte à l'adresse suivante : www1.tor.ec.gc.ca/cd/history/history_f.cfm?xyz.

La météorologie aéronautique au Canada 2

2.1 Partenaires et clients

2.1.1 NAV CANADA

Au début de 1996, une loi a été adoptée conférant à NAV CANADA la responsabilité du système de navigation aérienne au Canada. À l'heure actuelle, NAV CANADA, une société sans capital-actions, est le fournisseur national de services de navigation aérienne civile. Ses responsabilités incluent le contrôle aérien, la fourniture d'informations de vol, d'exposés météorologiques, de services consultatifs d'aéroport et d'aides électroniques à la navigation.

En novembre 1996, EC a conclu une entente avec la société NAV CANADA, nouvellement formée, pour la fourniture de services de météorologie aéronautique. Cet accord a remplacé l'ancienne entente informelle entre Environnement Canada et Transports Canada, qui faisait du premier le fournisseur de services destinés au système de navigation aérienne du second.

L'entente quinquennale de prestation de services météorologiques pour l'aviation conclue entre EC/NAV CANADA s'élève à plusieurs millions de dollars et couvre tous les produits et services d'EC qui ont trait à la météorologie aéronautique. NAV CANADA et le SMC travaillent de pair pour offrir le plus efficacement possible au milieu de l'aviation du Canada le meilleur service météorologique qui soit.

Au fil des ans, les bureaux de services météorologiques ont subi des transformations considérables. La collecte d'observations météorologiques pour l'aéronautique s'effectue maintenant selon un certain nombre de scénarios

de services qui diffèrent grandement de ceux qu'utilisait, il y a 15 ans, le personnel des bureaux de services météorologiques du SMC. De nos jours, des observateurs météorologiques liés à un tiers par contrat travaillent dans de nombreux sites, et certaines observations sont effectuées par le personnel de NAV CANADA, alors qu'à d'autres sites les observations sont automatisées ou semi automatisées (personnel sur place). Dans les régions nordiques, le personnel de stations radio d'aérodromes communautaires effectue un certain nombre d'observations. En tenant en compte des besoins des utilisateurs des aérodromes, NAV CANADA fournit, dans chacun des cas, la meilleure option de services possible qui repose sur un équilibre entre les coûts et les exigences de ses clients. À tous ces sites, le SMC assure l'entretien des instruments d'observation conformément au niveau de service exigé par NAV CANADA.

Outre les observations météorologiques, le SMC fournit également divers services de prévision à NAV CANADA aux termes de leur entente. Des météorologistes du SMC préparent une prévision d'aérodrome (TAF) pour chacun des 175 aérodromes du Canada. Les prévisions de zone fournissent des renseignements sur les conditions météorologiques prévues en route. Les avertissements de temps violent pouvant présenter des dangers pour l'aviation sont transmis immédiatement aux pilotes d'aéronef en vol sous la forme de messages spéciaux appelés SIGMET. Le Canada étant responsable de la circulation aérienne au-dessus de la portion ouest de l'Atlantique Nord, des prévisions spéciales sont fournies à NAV CANADA afin de l'aider à remplir ses engagements internationaux.

L'infrastructure de la technologie de l'information (TI) est pour ainsi dire le fil conducteur des activités du Service météorologique puisqu'elle permet d'acheminer de façon rapide et fiable toute l'information pertinente aux prévisionnistes, responsables des exposés météorologiques et pilotes. Selon les termes de l'entente avec NAV CANADA, EC est également responsable de la diffusion de données alphanumériques, d'images radar et satellitaires, de cartes météorologiques, par lignes terrestres ou communications satellitaires. Chaque image radar est combinée à une mosaïque pancanadienne ou à des cartes utilisées par les responsables du breffage de NAV CANADA. Dans les bureaux de NAV CANADA, on se sert également des logiciels d'EC pour l'affichage de l'information météorologique.

L'entente conclue entre NAV CANADA et EC prévoit enfin la fourniture de services de formation. Des météorologistes d'EC dispensent une formation en météorologie au personnel des Services de contrôle aérien et de breffage de NAV CANADA à son institut de formation (IFNC) situé à Cornwall, en Ontario. De plus, dans chaque région, des instructeurs des Services techniques forment des observateurs à contrat aux techniques d'observation des conditions météorologiques.

Récemment, NAV CANADA a demandé à EC d'élargir ses services météorologiques pour inclure entre autres la fourniture de renseignements météorologiques sur son site Web (www.navcanada.ca). Un traducteur en langage clair

décode les TAF (prévisions d'aérodrome codées) et les METAR (observations météorologiques codées). Parmi les autres ajouts figurent les observations météorologiques à distance provenant des caméras vidéos installées dans les cols des montagnes de la Colombie-Britannique, le Système d'information météorologique limitée (LWIS) qui fournit des observations météorologiques provenant des stations automatisées aux aérodromes à faible achalandage et un nouveau système de diffusion d'images satellitaires qui transmet de l'information météorologique aux stations d'information de vol de NAV CANADA.

L'entente de prestation de services météorologiques pour l'aviation conclue entre EC et NAV CANADA est donc très importante pour le Ministère et, par le fait même, pour le SMC. La météorologie aéronautique est une fonction traditionnelle de notre organisation, et notre croissance a toujours suivi celle de l'industrie de l'aviation. En mettant notre vaste expertise au profit des aviateurs canadiens, nous sommes en mesure de leur offrir le meilleur service possible. Nous continuerons d'évoluer et d'apprendre dans l'esprit de cette nouvelle entente avec NAV CANADA, afin de répondre le plus efficacement aux besoins des utilisateurs.

2.1.2 DÉFENSE NATIONALE

Depuis de nombreuses années, le SMC travaille en collaboration avec le ministère de la Défense nationale (MDN) pour fournir de l'information météorologique aux Forces armées. Avant 1997, des météorologistes d'Environnement Canada étaient détachés dans les bases du MDN, exploitant un Service météorologique parallèle des Forces armées canadiennes. Dans le but de maximiser l'efficacité des services, une entente à caractère plus commercial a été conclue en 1997, aux termes de laquelle des services sont fournis par les météorologistes du SMC conformément à des plans d'activités documentés et négociés sur une base annuelle. Ces services incluent les prévisions météorologiques, les données météorologiques et les services de TI. Dans les bases des Forces canadiennes (FC), les observations météorologiques sont effectuées par des techniciens en météorologie et des AWOS.

Bien que ces services soient fournis à tous les secteurs des Forces canadiennes, l'armée de l'air a toujours été le plus gros utilisateur d'informations météorologiques. Les prévisionnistes du SMC préparent des prévisions d'aérodrome (TAF) pour toutes les bases de l'armée de l'air, de même que des avertissement météorologiques, des cartes graphiques du temps significatif et des prévisions spécialisées pour répondre aux besoins des activités militaires sensibles aux conditions météorologiques. Les spécialistes en TI du SMC assurent le maintien d'un vaste réseau régional qui transmet des renseignements météorologiques aux escadrons disséminés dans tout le pays.

Lors de déploiements militaires à l'étranger, le personnel du SMC en service dans les bases canadiennes prépare des produits d'informations climatologiques afin d'assister le commandement militaire dans la planification des missions.

Ces produits sont conçus sur mesure pour répondre aux besoins des missions et, pendant toute la durée de celles-ci, des informations sont transmises continuellement. Pour ce faire, il est nécessaire de consulter des sources étrangères d'information météorologique et d'accroître la couverture géographique des sorties du modèle informatique canadien.

L'information météorologique ne pourrait être acheminée dans des lieux éloignés sans l'aide des experts en TI du SMC. Les communications satellitaires et la technologie de l'Internet facilitent grandement la transmission d'informations météorologiques dans des zones d'hostilités où sont stationnées les troupes des FC. À titre d'exemple de services aéronautiques fournis à distance ces dernières années, mentionnons la prévision d'aérodrome (TAF) de 24 heures pour Port-au-Prince, en Haïti, préparée d'avril 1995 à décembre 1997, et la prévision de zone pour l'aviation émise une fois par jour à titre consultatif pour la Bosnie, le Kosovo, le Rwanda et la République centrafricaine. Le SMC fournit aussi régulièrement des produits en appui aux exercices de déploiement sur le territoire canadien, et prépare des TAF pour des endroits comme Wainwright, en Alberta, et Killaloe, en Ontario.

Dans le cadre des opérations de déploiement des navires des Forces maritimes transportant des hélicoptères, on a souvent recours au SMC pour fournir quotidiennement des prévisions maritimes et aéronautiques. De plus, le SMC prépare régulièrement tout au long de l'année des cartes graphiques des conditions météorologiques utiles à l'aviation pour toutes les eaux de l'Atlantique et du Pacifique dans la zone d'opération des navires, hélicoptères et avions patrouilleurs militaires canadiens. Les hélicoptères en mission en mer n'ont pas de sites d'atterrissage de dégagement, d'où l'importance d'avoir des prévisions de temps violent exactes. Les Forces terrestres utilisant également des hélicoptères, le SMC émet fréquemment des prévisions spéciales lors de leurs exercices en sol canadien.

Dans l'année qui vient, les experts en TI du SMC mettront sur pied un site Web météorologique pour les Forces canadiennes, qui rendra désuètes de nombreuses sources classiques d'information météorologique. Ce site pourra être consulté par les unités des FC, au Canada comme à l'étranger.

2.1.3 TRANSPORTS CANADA

Depuis la création de NAV CANADA, le rôle de Transports Canada (TC) dans les activités de météorologie aéronautique a considérablement évolué, et le Ministère agit maintenant comme régulateur du système de navigation aérienne. Il élabore les lois et règlements, surveille les activités du milieu de l'aviation et dépend, dans de nombreux domaines, des services conseils du SMC. Par exemple, TC s'emploie actuellement à mettre au point une série de normes relatives à l'observation de quatre éléments (vent, température, point de rosée et calage altimétrique) par les stations automatisées. Le Ministère aura alors recours à l'expertise en météorologie et à l'assistance technique du SMC pour déterminer quels types d'équipement sont les plus appropriés. TC et le SMC travaillent en étroite collaboration avec les utilisateurs au cours de la phase d'évaluation de la performance des systèmes automatiques d'observation météorologique pour l'aviation (AWOS), en définissant les critères qui rendraient les observations météorologiques de ces systèmes acceptables pour le milieu de l'aviation.

TC a aussi recours à EC pour la mise à jour du Manuel des normes et procédures des prévisions météorologiques pour l'aviation (MANAIR) et du Manuel d'observations météorologiques de surface (MANOBS). Ces deux documents sont mentionnés dans le Règlement de l'aviation canadien. Tout changement sera examiné par le Conseil consultatif sur la réglementation aérienne canadienne (CCRAC) et TC approuvera la réglementation sur les recommandations du

Conseil. Les documents peuvent être consultés en ligne à l'adresse suivante :
http://www1.tor.ec.gc.ca/nwsd/index_f.cfm?.xyz.

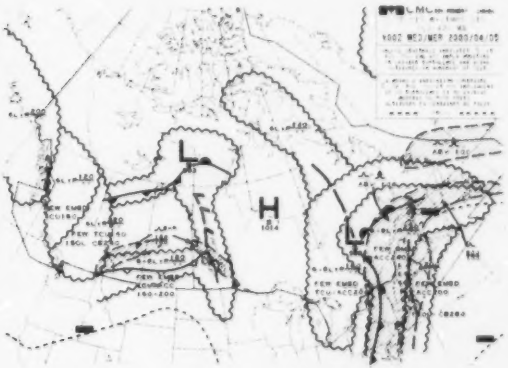
2.1.4 PARTENAIRES INTERNATIONAUX

Le Canada a toujours joué un rôle actif dans les comités internationaux qui se penchent sur les questions de météorologie pour l'aéronautique et autres questions d'intérêt qui touchent le milieu de l'aviation. En tant que membre de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), le SMC a contribué activement à la Commission de météorologie aéronautique. La Commission, par l'entremise de ses groupes de travail, assure un leadership international dans les plus récents développements des services météorologiques pour l'aviation. Par exemple, un directeur régional du SMC a dirigé le groupe de travail ATEAM sur l'utilisation des techniques modernes en météorologie aéronautique. Des représentants du SMC ont participé à la commission de l'OMM sur les instruments et les méthodes d'observation, et un autre siégera au comité d'experts de la vérification, qui est actuellement mis sur pied. Notre groupe de mesure de la performance aéronautique a retenu l'attention sur la scène mondiale pour ses travaux de pointe au chapitre de la mesure de la performance des TAF.

Le personnel supérieur du SMC contribue activement au Groupe de travail chargé de fournir les renseignements météorologiques requis par l'aviation civile (PROMET). Ce Groupe a, entre autres, assuré une surveillance du statut et de la mise en place du réseau satellitaire à liaison descendante, le Système mondial de prévisions de zone (WAFS). L'OMM et l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) travaillent en étroite collaboration pour tout ce qui a trait à la météorologie aéronautique, et PROMET est l'un des éléments centraux de leurs relations.

L'annexe 3 de la Convention sur l'aviation civile internationale concerne les normes internationales et des pratiques recommandées pour tous les aspects des services aéronautiques destinés à la navigation aérienne. Le SMC et TC ont des représentants au sein des groupes de travail qui formulent et approuvent les modifications à l'annexe 3.

Une division du SMC, le Centre météorologique canadien (CMC), situé à Dorval, au Québec, a été désigné par l'OACI comme Centre d'avis des cendres volcaniques (VAAC) pour le Canada, le nord-ouest de l'Atlantique et une grande partie de l'Arctique. Les cendres volcaniques présentent un danger significatif pour l'aviation, et particulièrement pour les aéronefs en vol. Voler dans un nuage de cendres peut endommager les moteurs, la cellule et les appareils électroniques, ce qui pourrait entraîner une perte partielle ou totale des gouvernes et des communications. Les cendres peuvent parcourir de grandes distances en relativement peu de temps, comme on a pu le constater lors de l'éruption du mont Spurr en Alaska, le 17 septembre 1992. Cette importante éruption a projeté de grandes quantités de centres jusqu'à l'altitude du courant-jet. Le panache de cendres a traversé l'Amérique du Nord et atteint le littoral atlantique trois jours plus tard. Il va sans dire que pendant toute la durée de cet événement la circulation aérienne a été considérablement perturbée.



L'OACI a conçu le Système mondial de prévisions de zone (WAFS) pour fournir des prévisions des conditions météorologiques en route qui soient les plus précises possible et dans un format standardisé pour les opérations de l'aviation civile internationale. Le National Weather Service (NWS) des États-Unis et le Met Office du Royaume-Uni ont accepté la responsabilité de gérer deux Centres mondiaux de prévisions de zone (WAFC); celui de l'État de Washington transmet, par diffusion satellitaire WAFS, des cartes du temps significatif et des informations sur les vents et la température pour toute l'Amérique du Nord. Ce Centre est en voie de transformation, et sa couverture englobera à terme la moitié du globe à mesure que les centres de prévisions de zone régionaux en Australie, au Japon et en Amérique du Sud cesseront leurs activités. Dans le cadre d'un accord bilatéral avec les États-Unis, le CMC prépare des cartes du temps significatif à basse et moyenne altitudes pour l'Atlantique Nord. Le Canada et les États-Unis travaillent en étroite collaboration pour présenter un tableau complet des conditions météorologiques au milieu international de l'aviation.

2.1.5 Le grand milieu de l'aviation

Les météorologistes du SMC se tiennent au fait des besoins et des préoccupations du milieu de l'aviation en participant à des réunions et à des conventions de groupes d'intérêts particuliers de l'aviation. Par exemple, le gestionnaire du Centre de météorologie de l'Arctique et aéronautique des Prairies siège aux trois conseils provinciaux de l'aviation des Prairies, et est membre de la National Air Transport Association et de la Canadian Owners and Pilots Association. Le personnel du SMC prend régulièrement part à des conférences et à des réunions d'associations telles que la Canadian Owners and Pilots Association, l'Association canadienne de l'aviation d'affaires, l'Association du transport aérien du Canada. Dans de nombreuses fêtes aériennes au pays, le SMC tient un stand où des météorologistes peuvent distribuer de l'information aux membres du milieu de l'aviation et, à l'occasion, fournit des prévisions spéciales pour ce genre d'événements.

2.1.6 Le Bureau de la sécurité des transports

Lors d'un accident aérien sur le territoire canadien, le SMC fournit aux enquêteurs du Bureau de la sécurité des transports du Canada une information détaillée et des services de consultation sur les conditions météorologiques lors de l'événement. Dans certaines situations où il semble que les conditions météorologiques aient pu jouer un rôle déterminant, on les analysera à l'aide d'un modèle informatique à petite échelle de l'atmosphère pour mieux comprendre les conditions locales au moment de l'accident. Cette analyse est particulièrement utile lorsque les accidents surviennent loin de l'aéroport ou qu'il est impossible d'obtenir un rapport des conditions météorologiques au site de l'accident.

2.1.7 Autres clients et partenaires

Depuis que le MDN et SERCO Facilities Managements Inc. ont conclu en 1998 un accord visant les opérations de la base aérienne de Goose Bay, au Labrador, SERCO assume, à ce site, certaines tâches de prévision qui incombaient traditionnellement au SMC. Toutefois, le SMC poursuit son travail de collaboration avec SERCO, aux termes d'un contrat, en vue de fournir certains services d'appui en matière de prévisions et d'avertissements. SERCO dépend également du SMC pour tous les services d'information météorologique et de soutien technique en TI. Une entente similaire est entrée en vigueur en juillet 1999 pour la base de Moose Jaw, en Saskatchewan, où SERCO Aviation Services, Inc. a recours aux services du SMC pour la fourniture de services de prévision et de soutien TI, en dehors des heures normales de bureau, pour les opérations provisoires au Centre d'entraînement en vol de l'OTAN au Canada.

Le SMC compte de nombreux clients et partenaires petits, mais importants, dans le milieu de l'aviation. Dans les provinces de l'Atlantique, par exemple, le Centre des services météorologiques de Terre-Neuve émet des prévisions d'aérodrome pour plusieurs aéroports grâce à des fonds provenant d'entreprises privées d'exploration pétrolière en mer. Cougar Helicopters Inc. consulte les TAF émis pour Long Pond, à Terre-Neuve, près de Saint-Jean, qui sert d'aérodrome de dégagement pour les hélicoptères se rendant aux plates-formes de forage en mer, et le Centre de météorologie de l'Arctique et aéronautique des Prairies, à Edmonton, fournit, aux termes d'un contrat, des TAF à Ekati, dans les Territoires du Nord-Ouest. Seimac Inc. a recours aux services du SMC pour l'émission d'un TAF destiné à Trenton, en Nouvelle-Écosse. De plus, le SMC veille tout particulièrement à ce que les observateurs soient accrédités et les instruments météorologiques utilisés homologués pour fournir des rapports conformes aux normes nationales.

photo de Ed Hudson

À Montréal, le SMC fournit des avertissements de foudre à Aéroports de Montréal (société responsable de la gestion des aéroports de Dorval et de Mirabel). Ces avertissements sont automatiquement acheminés par télécopieur aux sites où des éclairs ont été détectés dans un rayon de 20 kilomètres des aéroports par le Réseau canadien de détection de la foudre. Transport Québec et Hydro-Québec ont un contrat de services avec EC pour l'achat, l'installation et l'entretien du matériel d'observation météorologique dans les aéroports privés. Le Service aérien du gouvernement du Québec utilise les stations de travail du SMC pour l'affichage des données météorologiques, de même que pour la formation du personnel de sa flotte de bombardiers à eau utilisés pour la suppression des feux de forêts, d'avions ambulances et d'aéronefs destinés au transport des ministres.

Les partenariats et ententes entre le SMC et le milieu de l'aviation et d'autres secteurs au service de cette industrie continuent de croître, et l'amélioration des produits et de la fourniture des services permettra d'assurer l'efficacité et la sécurité des opérations aériennes au Canada.

Qualité de la performance

3

3.1 Surveillance et mesure de la performance

La valeur d'une observation ou d'une prévision météorologique exacte et diffusée rapidement ne fait aucun doute, car ce sont ces qualités qui donnent l'assurance qu'une activité peut se dérouler comme prévu. Ainsi, les agriculteurs peuvent entreprendre les semis ou les récoltes au moment voulu, les équipes de déneigement des routes peuvent être appelées en réserve ou renvoyées à la maison, un pique-nique en famille peut être organisé ou annulé, et un pilote peut prendre des décisions de vol, telles que la route à emprunter, l'altitude de croisière et la quantité de carburant à transporter.

Il a été montré que près de 30 % des accidents aériens sont liés aux conditions météorologiques. Les études ont également révélé que 41 % des retards leur sont imputables (17 % sont évitables et 24 %, inévitables). Ces chiffres peuvent sous-estimer le problème, car des études plus récentes estiment que la proportion des retards attribuables aux conditions météorologiques pourrait atteindre 75 %.

En améliorant l'exactitude des prévisions aéronautiques, on pourrait contribuer à diminuer des retards coûteux. Pour ce faire, il faudrait commencer par mesurer l'exactitude actuelle des prévisions aéronautiques d'une façon révélatrice.

3.1.1 Mesure de la performance des prévisions

Du début des années 70 jusqu'au milieu des années 90, le SMC a compilé des statistiques de base sur l'exactitude des prévisions d'aérodrome pour 23 aéroports. Ces données statistiquement fiables avaient une valeur pour les gestionnaires des centres de prévision, mais ne fournissaient aucune information utile aux utilisateurs des prévisions.

Depuis que l'entente de prestation de services météorologiques pour l'aviation a été conclue entre EC et NAV CANADA, une nouvelle approche a été adoptée. Les Parties ont convenu que tout système de mesure de la performance pour les prévisions d'aérodrome (TAF) doit respecter les principes suivants :

- il doit mesurer la performance pour tous les sites de prévisions d'aérodrome;
- il doit reposer sur des critères pertinents pour les utilisateurs des prévisions;
- il doit pouvoir être utilisé le plus simplement possible;
- il doit résister à un contrôle scientifique;
- les résultats doivent être rendus publics.

Autre élément important : l'équilibre. Un système de mesure qui reconnaît l'exactitude d'une prévision dans tous les cas de mauvaises conditions météorologiques nécessite un complément qui assure que ces mauvaises conditions n'ont pas été surévaluées. « Crier au loup » peut avoir sur les opérations aériennes une incidence aussi négative que l'absence de prévisions. Ce principe fait d'ailleurs partie de la principale série d'indicateurs statistiques utilisés par le SMC pour évaluer la qualité des prévisions.

Les premiers résultats obtenus au moyen du nouveau système de mesure de la performance ont été communiqués au public dans le premier rapport d'exploitation, en février 1997, préparé par le SMC à l'intention de NAV CANADA. EC a également présenté des rapports détaillés sur son système de mesure de la performance des prévisions aéronautiques à l'American Meteorological Society et à la Société canadienne de météorologie et d'océanographie. Pour des raisons de transparence et d'équité, la firme comptable KPMG a réalisé une vérification indépendante du système de mesure de la performance au début de 1999, sans déceler aucune irrégularité. Les résultats de nos travaux nous permettent maintenant de fournir à des questions sur nos prévisions aéronautiques, des réponses qui auraient auparavant reposé sur des conjectures.

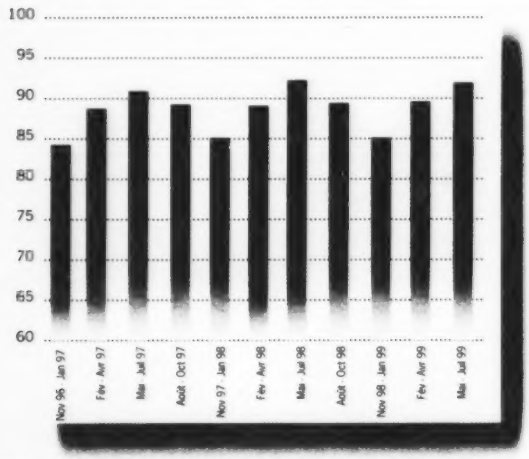


FIGURE 1. RÉSUMÉ DES MESURES COMPOSITES NATIONALES DE LA FIABILITÉ DES TAF POUR LES CONDITIONS VFR, DE NOVEMBRE 1996 À JUILLET 1999.

EXACTITUDE DES PRÉVISIONS

La question qui revient sans cesse est bien sûr la suivante : Dans quelle mesure les prévisions météorologiques sont-elles vraiment exactes? La réponse peut varier selon l'aspect des prévisions que l'utilisateur juge important. Les seuils minimaux de visibilité et de plafond pour les opérations dans les conditions de vol à vue (VFR) sont claires pour tous les pilotes. La figure 1 montre en pourcentage la fréquence à laquelle les prévisions de conditions VFR se vérifient sur une période de 2,5 années.

On mesure aussi l'exactitude des prévisions relatives aux limites de dégagement de chaque aérodrome. La figure 2 montre la fréquence d'émission de prévisions TAF de conditions inférieures aux limites de dégagement, mais, où les conditions météorologiques sont demeurées supérieures aux limites de dégagement. Dans ce

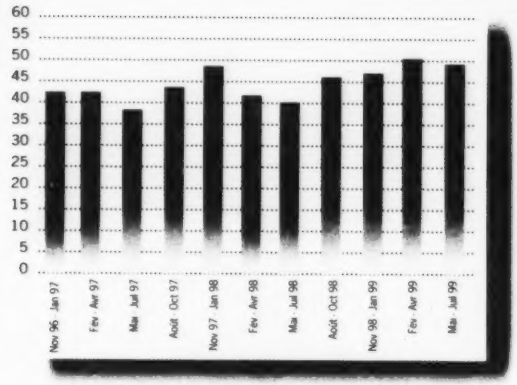


FIGURE 2. RÉSUMÉ DES MESURES COMPOSITES NATIONALES DE FAUSSES ALARMES DE CONDITIONS INFÉRIEURES AUX LIMITES DE DÉGAGEMENT POUR LES TAF ÉMIS DE NOVEMBRE 1996 — JUILLET 1999.

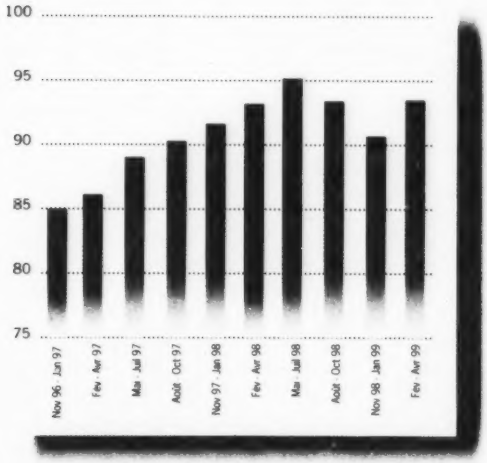


FIGURE 3 : POURCENTAGE D'OBSERVATIONS SPECI RELEVANT D'EC, TRANSMIS AU RÉSEAU DES TÉLÉCOMMUNICATIONS DANS UN INTERVALLE DE CINQ MINUTES APRÈS LEUR ÉMISSION.

genre de situation, il peut être nécessaire de transporter des quantités superflues de carburant ou même de faire des escales supplémentaires en route. En moyenne, la fréquence des fausses alarmes de conditions inférieures aux limites de dégagement se situe sous les 50 %.

DÉLAI DE RÉVISION DES PRÉVISIONS

Il est essentiel que le personnel navigant soit avisé sur le-champ de la détérioration non prévue des conditions météorologiques. Il est aussi important qu'il soit informé lorsque les conditions s'améliorent, pour des raisons d'efficacité. Par exemple, dès qu'il est prévu que des conditions de brouillard inférieures à la limite permettant un atterrissage ne persisteront qu'une heure au lieu des trois heures initialement prévues, une nouvelle prévision devrait alors être émise pour aviser les pilotes que la piste de l'aéroport sera utilisable deux heures de plus. Cette information pourrait aider à réduire non seulement les délais, mais également les coûts superflus pour les exploitants.

On encourage les prévisionnistes du SMC à réviser les prévisions avant que les conditions changent. Les prévisionnistes surveillent continuellement l'évolution des conditions, les PIREP (rapport météo de pilote), les observations de surface, les images radar et satellitaires, ainsi que les sorties des modèles informatiques. Toute nouvelle information indiquant un changement significatif possible des conditions par rapport aux prévisions aéronautiques en vigueur déclenche une procédure de révision immédiate, sans attendre les premiers signes de changement.

De mai à juillet 1999, on a émis au total 9 086 révisions proactives des TAF. Le nombre total combiné des révisions avant un changement significatif des conditions météorologiques ou dans les 20 minutes le suivant s'élevait à juste un peu plus de 90 %. En moyenne, dès qu'un changement significatif survient, il faut seulement 14 minutes pour préparer et émettre une révision.

3.1.2 MESURE DE LA PERFORMANCE DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Les observations qui informent un pilote et un prévisionniste de l'évolution des conditions météorologiques doivent également être recueillies et transmises sans délai. Le SMC ciblera non seulement la rapidité avec laquelle, dans ces cas, ses observateurs ou les AWOS transmettent les observations spéciales (SPECI), mais aussi le fait que ces observations sont acheminées

promptement au réseau de télécommunications. EC s'est fixé pour objectif que 95 % des SPECI soient disponibles sur le réseau cinq minutes après leur émission. La figure 3 montre les résultats de performance par rapport à cet objectif.

Nombre d'autres aspects relatifs à la qualité des prévisions et des observations sont régulièrement mesurés par le SMC. Le rapport d'exploitation trimestriel préparé par le SMC à l'intention de NAV CANADA brosse un portrait détaillé, site par site, des résultats de performance pour un certain nombre de paramètres. Des exemplaires de ce rapport sont accessibles à la rubrique « Publications » sur le site de NAV CANADA à l'adresse : www.navcanada.ca.

3.2 RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

La science est non seulement le pilier des services météorologiques d'aujourd'hui, mais elle est aussi indispensable à toutes ses fonctions. Tous les produits et services sont créés à partir des connaissances scientifiques des prévisionnistes et des modèles informatiques. La recherche et le développement sont essentiels à l'amélioration de la qualité, de la diversité et de l'utilité des produits et services météorologiques.

Environnement Canada est reconnu mondialement pour la qualité de ses recherches, ce qui ouvre la voie à la participation du SMC dans des projets de recherche internationaux. De plus, sur le plan national, le SMC participe à des programmes de recherche conjoints avec des universités, des instituts de recherche, de même que l'industrie privée.

3.2.1 MODÈLES INFORMATIQUES

Pour le prévisionniste d'aujourd'hui, l'ordinateur est un outil indispensable. Le superordinateur du SMC, qui se trouve au Centre météorologique canadien (CMC), est l'un des plus rapides du monde. Il exécute les modèles atmosphériques dont les prévisionnistes dépendent tant pour la préparation de leurs prévisions. Les travaux de recherche que réalise EC visent à améliorer les sorties des modèles qui ont un effet direct sur la qualité des prévisions météorologiques pour l'aviation.

Les modèles informatiques sont alimentés par des données du monde entier : des observations provenant de stations terrestres, de navires et de bouées, de sondages aérologiques, de rapports de pilotes d'aéronefs et de satellites géostationnaires et en orbite polaire. Les données sont traitées mathématiquement et interpolées à une grille tridimensionnelle que l'ordinateur traite comme une image de l'état actuel de l'atmosphère en 3D. Le développement de techniques modernes pour l'observation et l'analyse des données peut contribuer à élargir le type de données pouvant être utilisées dans la phase d'« initialisation » du modèle. Par exemple, les travaux sur les nouvelles technologies satellitaires et radar et les techniques de traitement visent à incorporer aux modèles des ensembles de données à très haute résolution.

On applique ensuite aux données de pointes de grille les lois de la physique, sous la forme d'une série d'équations, pour prévoir l état de l'atmosphère. Les travaux visant à raffiner les équations et à accroître l'efficacité des méthodes de traitement améliorent grandement l'exactitude et la vitesse des calculs. Par conséquent, il est possible d'envisager d'avoir des modèles à haute résolution avec de meilleures représentations des processus physiques lorsque les problèmes à plus grande échelle seront résolus. Ces modèles donneront des résultats plus précis, notamment en ce qui a trait aux éléments du temps significatif, comme les zones frontales et les vastes complexes orageux.

Il y a beaucoup de processus qui entrent en jeu à une échelle trop réduite pour que le système d'observation ou les modèles informatiques puissent les traiter. Nombre d'entre eux sont pris en compte par les prévisionnistes lorsqu'ils interprètent les cartes issues des sorties de modèles et les transforment en produits de prévision utiles. Cependant, certains processus peuvent être modélisés d'une façon moins directe. Les données issues des modèles informatiques peuvent être manipulées de diverses façons au moyen d'algorithmes spécifiques pour permettre à l'ordinateur de fournir de l'information relative à des problèmes plus complexes à prévoir. Le SMC utilisera, par exemple, les résultats obtenus dans le cadre du Mesoscale Alpine Program (de septembre à novembre 1999) pour améliorer les sorties de modèles relatives aux conditions météorologiques en terrains montagneux, lesquelles ne sont pas représentées avec précision par les modèles actuels.

Le CMC s'emploie présentement à mettre au point des techniques statistiques de prévisions qui permettront la prévision automatisée des plafonds de nuages et de la visibilité à partir des sorties du modèle GEM. Ces techniques contribueront à faciliter et à accélérer la préparation des prévisions.

MODÈLE GLOBAL ENVIRONNEMENTAL MULTI-ÉCHELLE

LE MODÈLE INFORMATIQUE ACTUEL DE L'ATMOSPHÈRE UTILISÉ DANS LES OPÉRATIONS AU CANADA EST LE MODÈLE GLOBAL ENVIRONNEMENTAL MULTI-ÉCHELLE (GEM). CE MODÈLE PEUT TOURNER EN MODE RÉGIONAL OU GLOBAL. EN MODE GLOBAL, IL PEUT COMPORTER DES RÉSOLUTIONS VARIABLES, PERMETTANT UNE DÉFINITION PLUS DÉTAILLÉE DANS CERTAINES RÉGIONS D'INTÉRÊT (TELLES QUE LE TERRITOIRE CANADIEN) ET, DANS D'AUTRES, DES RÉSOLUTIONS ET DES CHARGES DE CALCUL RÉDUITES.
LE TRAITEMENT DE L'ÉVOLUTION DU TEMPS EST EFFECTUÉ À 28 NIVEAUX VERTICAUX DANS L'ATMOSPHÈRE, AVEC UN PAS DE TEMPS DE 2 700 SECONDES. À TERME, LE MODÈLE SERA ACTUALISÉ POUR TENIR COMPTE DE LA FLOTTABILITÉ DE L'AIR DE DENSITÉS DIFFÉRENTES, CE QUI EN FAIT UN MODÈLE NON HYDROSTATIQUE. ON A DÉJÀ COMMENCÉ À EFFECTUER DES TESTS AVEC UNE VERSION D'UN MODÈLE GEM NON HYDROSTATIQUE ET LES RÉSULTATS SONT PROMETTEURS.

3.2.2 RECHERCHE EN MÉTÉOROLOGIE AÉRONAUTIQUE

L'un des axes de recherche du SMC qui cible le plus la météorologie aéronautique est le givrage des aéronefs. Des données passées sur les endroits où des conditions de givrage ont été observées peuvent servir aux prévisions futures.

C'est pourquoi des recherches ont été entreprises sur les caractéristiques des précipitations verglaçantes d'un point de vue climatologique dans tout le Canada, en mettant l'accent sur celles des conditions de givrage dans les environs des Grands Lacs et de l'Atlantique Nord.

Il est également important de comprendre les processus en jeu dans la formation de gouttelettes d'eau surfondues qui sont à l'origine de certaines conditions de givrage parmi les plus dangereuses. Le SMC a mené ou participé à plusieurs programmes expérimentaux qui portaient spécifiquement ou en partie sur le givrage des aéronefs, les nuages de gouttelettes d'eau en surfusion et les précipitations liquides, verglaçantes et solides; trois éléments météorologiques d'un grand intérêt pour les aviateurs.

Une part importante de l'activité de prévision météorologique consiste à comparer les prévisions avec les conditions du temps présent afin de constater dans quelle proportion elles sont conformes. Ce processus crucial permet de détecter des erreurs dans les techniques de prévision. Une technique de vérification des prévisions de givrage à l'aide des satellites est actuellement mise au point pour permettre au SMC de mieux comprendre les processus météorologiques découlant de ces conditions dangereuses.

Dans chaque centre de prévision, les météorologistes mettent régulièrement en oeuvre des projets pour évaluer et développer de nouvelles techniques de prévision pour l'aéronautique en tirant profit des technologies de pointe. Ils participent également à des congrès scientifiques où les échanges avec d'autres chercheurs scientifiques et météorologistes opérationnels mènent fréquemment à l'élaboration de techniques et de concepts nouveaux.

3.2.3 L'AVENIR DE LA R-D EN MÉTÉOROLOGIE AÉRONAUTIQUE

Outre la recherche continue dans les domaines mentionnés précédemment, un certain nombre de nouveaux projets viendront renforcer le rôle que joue le SMC au chapitre de la météorologique aéronautique

Les sociétés dépendant de plus en plus d'une infrastructure complexe, les impacts du temps violent ou le temps violent à « forte incidence » se multiplient de façon spectaculaire. Une portion significative des retards de vols et des accidents d'avions sont liés aux conditions météorologiques. La Division de recherche en météorologie du SMC a proposé la mise en oeuvre d'un programme canadien de recherche en météorologie. Ce programme tirera profit de l'expertise reconnue du SMC dans les domaines de la modélisation informatique à haute résolution, de l'assimilation moderne de données et du radar Doppler. Ce programme sera coordonné avec le Weather Research Program des États-Unis et le Programme mondial de recherche météorologique de l'OMM. Certains aspects critiques de l'efficacité du programme dépendront du plan qui servira à établir les priorités de recherche de concert avec les clients du Service météorologique et à concevoir un processus rapide et efficace assurant l'intégration des résultats de recherche dans la pratique opérationnelle.

ALLIANCE POUR LA RECHERCHE SUR LE GIVRAGE

L'ALLIANCE POUR LA RECHERCHE SUR LE GIVRAGE DES AÉRONEFS (ARGA) EST DIRIGÉE PAR ENVIRONNEMENT CANADA AVEC LE CONCOURS DU CONSEIL NATIONAL DES RECHERCHES DU CANADA, DE TRANSPORTS CANADA, DE LA NASA ET DE LA FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION DES ÉTATS-UNIS. L'ARGA S'EST FIXÉ CINQ OBJECTIFS QUI CONTRIBUENT À LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN.

- **DÉVELOPPER ET MAINTENIR UN PLAN STRATÉGIQUE DE RECHERCHE INTÉGRÉE SUR LE GIVRAGE DES AÉRONEFS QUI ÉTABLIT UN ÉQUILIBRE ENTRE LES BESOINS À COURT TERME ET CEUX À LONG TERME.**
- **METTRE EN APPLICATION LE PLAN STRATÉGIQUE DE RECHERCHE INTÉGRÉE SUR LE GIVRAGE DES AÉRONEFS DANS LE CADRE D'UN PARTENARIAT DE RECHERCHE ENTRE LES MEMBRES DE L'ARGA.**
- **RENFORCER ET FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT D'UNE EXPERTISE DANS LA RECHERCHE SUR LE GIVRAGE DES AÉRONEFS.**
- **ÉCHANGER DES INFORMATIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES.**
- **METTRE AU POINT DES TECHNOLOGIES VISANT LE GIVRAGE CRITIQUE D'AÉRONEFS.**

ALLIANCE POUR LA RECHERCHE SUR LE GIVRAGE DES AÉRONEFS

En mars 1999, les futurs membres de l'Alliance pour la recherche sur le givrage des aéronefs (ARGA) se sont rencontrés à Toronto pour établir la raison d'être et les plans de base nécessaires à la recherche sur le terrain pendant l'hiver 1999-2000. Le nom « Étude de l'Alliance pour la recherche sur le givrage (EARG) » a été proposé pour le premier projet mis en oeuvre par l'Alliance. Les priorités de l'EARG comprennent l'utilisation de la télédétection pour déterminer les zones propices au givrage d'aéronefs, les caractéristiques des conditions de givrage d'aéronefs, la prévision des conditions de givrage et la performance des aéronefs dans ces conditions. Les scientifiques du SMC qui dirigent l'effort global ont défini une série de projets de recherche sur la télédétection en guise de contribution du SMC à l'EARG.

L'obtention de financement a permis de mettre en oeuvre des travaux de recherche d'une durée de cinq semaines, de décembre 1999 à janvier 2000, comprenant 85 heures de vols de recherche et de télédétection à la surface, à partir des aéroports de Mirabel et d'Ottawa. On tente actuellement de recueillir des fonds supplémentaires pour porter la durée des travaux à 7 semaines et 110 heures de temps de vol. Ces projets évaluent l'utilité de divers instruments de télédétection, dont les radiomètres, les radars, les LIDAR et les satellites, pour déterminer les conditions de givrage des aéronefs en altitude. Ils renseigneront également sur certaines autres caractéristiques associées au givrage, telles que la validation des prévisions de givrage, en plus de fournir une base pour l'amélioration des techniques de prévision de givrage à court terme.

Un projet de système expérimental d'avertissement et de détection du givrage d'aéronefs est présentement à l'étude. Il a été prévu que ce système serait mis au point conjointement par Transports Canada, le Conseil national de recherches, la

NASA et le Federal Aviation Agency (FAA) des États-Unis. Le système intégrera les données provenant des instruments de télédétection à bord d'un satellite ou sur terre, de modèles de prévision à très haute résolution et de bases de données statistiques. On s'attend à ce que le système produise des prévisions en temps réel des conditions de givrage en altitude et au sol. Il émettra des avertissements pour les conditions de givrage au sol et pour les conditions de givrage modérées à extrêmes en altitude.

TURBULENCE DE SILLAGE

Depuis 1993, le SMC fournit des services de consultation météorologique au Groupe de travail sur la turbulence de sillage (WVPT) de Transports Canada. La turbulence de sillage derrière des aéronefs constitue l'un des principaux obstacles à l'efficacité des opérations au décollage et à l'atterrissage dans les aéroports, les distances de sécurité entre les aéronefs étant prévues de façon à éviter qu'un aéronef soit touché par la turbulence de sillage d'un autre. Le comportement de la turbulence de sillage générée par un aéronef sera dicté par l'atmosphère. Pendant de nombreuses années, les autorités dirigeantes de l'industrie de l'aviation et les scientifiques ont étudié les techniques et les systèmes qui permettraient de réduire sans danger la distance de sécurité entre les aéronefs en vue d'accroître les capacités des aéroports. En 1999-2000, le Groupe de travail sur la turbulence de sillage utilisera les informations météorologiques et les données sur la turbulence de sillage enregistrées par les capteurs installés à l'aéroport de Dallas-Fort Worth, au Texas, et les testera avec divers systèmes de prévision. (Pour en savoir plus long sur le Groupe de travail sur la turbulence de sillage de Transports Canada, visitez leur site Web à l'adresse suivante : http://www.tc.gc.ca/tdc/projects/air/9051.htm.)

3.3 INVESTIR DANS LA TECHNOLOGIE

La météorologie comporte un volet technologique très important. Les services météorologiques pour l'aéronautique requièrent une assistance technologique dans quatre grands domaines :

- l'échantillonnage des conditions atmosphériques actuelles pour produire des observations météorologiques;
- la modélisation informatique des processus atmosphériques pour la préparation des prévisions météorologiques;
- les logiciels informatiques pour traiter les observations météorologiques et présenter les prévisions dans un format accessible à divers utilisateurs du monde de l'aviation ayant des besoins différents;
- les moyens de télécommunications pour permettre l'échange et la diffusion rapides de l'information à tous les utilisateurs.

Pour fournir un service météorologique d'envergure internationale à l'industrie de l'aviation, il est essentiel d'être à la fine pointe de la technologie. Le SMC possède une solide infrastructure dotée d'un effectif de recherche technologique voué à tirer le meilleur parti possible des plus récents progrès technologiques. De plus, NAV CANADA, à titre de fournisseur de services de navigation aérienne, exige d'avoir à sa disposition la plus récente technologie en matière de météorologie en vue de pouvoir à fournir à ses clients la meilleure information météorologique qui soit. À ce chapitre, NAV CANADA investit dans les projets de développement et d'évaluation technologiques dirigés par les scientifiques du SMC.

3.3.1 OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

La précision des rapports du temps présent est aussi essentielle à la planification et aux opérations de vol qu'à la

préparation de prévisions de grande qualité. Or, il peut être difficile d'obtenir des données dans les grandes régions faiblement peuplées du Canada. Poussé par la nécessité de produire des observations de qualité requises par l'exploitation d'un systèmes de navigation aérienne sécuritaire et efficace, Environnement Canada s'est propulsé au premier rang des technologies d'observation modernes.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE SURFACE

L'observation météorologique de surface est à la base des services météorologiques pour l'aviation. Les éléments observés sont : la direction et la vitesse du vent, la hauteur et la quantité de nuages, la visibilité, la présence de phénomènes météorologiques tels que les précipitations ou le brouillard, la pression atmosphérique et le calage altimétrique, les hauteurs de précipitations, la température et l'humidité. Les observations météorologiques pour l'aviation sont normalement diffusées une fois l'heure (METAR) et lors de tout changement significatif des conditions (SPECI), comme par exemple le début ou la fin d'une période de précipitations, la détérioration ou l'amélioration du plafond, de la visibilité, etc.

Jadis, toutes les observations météorologiques étaient enregistrées par des techniciens météorologistes qui notaient les lectures des divers instruments météorologiques, les codaient et les présentaient dans un format de rapport météorologique. Les progrès des technologies et des télécommunications ont entraîné l'automatisation des observations météorologiques et l'accroissement du volume d'informations pouvant être recueillies.

En 1969, lorsque le SMC fit ses premières armes dans la collecte d'observations automatisées, des rapports météorologiques réguliers étaient préparées à partir des données recueillies dans quelques centaines de sites dans tout le Canada. De nos jours, l'automatisation permet d'obtenir des rapports réguliers depuis plus de 600 sites. Les rapports provenant des stations automatisées sont présentés selon des normes et dans des formats divers. Tous les rapports météorologiques fournissent une information précieuse, mais il faut savoir qu'une observation destinée aux opérations aéronautiques doit répondre à des normes bien précises. Les rapports automatisés des observations du Système automatique d'observation météorologique (AWOS), codées et présentées dans un format METAR et SPECI, sont les seuls qui satisfont aux normes de l'aviation.

Le système AWOS conçu par le SMC comporte actuellement des instruments qui mesurent et signalent la hauteur et la quantité de nuages jusqu'à 10 000 pieds, la visibilité, la température, le point de rosée, la direction et la vitesse du vent, ainsi que la pression atmosphérique. Divers autres instruments combinés mesurent également l'occurence de pluie, de bruine, de neige, de grêle, de pluie verglaçante et de bruine verglaçante, de même que les hauteurs totales des précipitations. Ces instruments peuvent aussi détecter la présence de givrage même en l'absence de précipitations.

Le SMC est reconnu comme un chef de file mondial en matière de technologie d'observation automatisée, notamment en ce qui a trait à l'approche sans égale qu'il a adoptée en matière de consultation des utilisateurs du système AWOS et à la façon dont il met à profit leurs commentaires pour rendre le système conforme aux utilisations du monde de l'aviation (voir « Évaluation du système AWOS »). Les rapports classiques des observateurs météorologiques sont toujours utilisés dans les plus gros aéroports du pays, mais le système AWOS s'avère une source d'observations météorologiques de plus en plus fiable et rentable.

Un nouveau venu dans la gamme des produits d'observation offerts par le SMC est le Système d'information météorologique limitée (LWIS). Basé sur la plate-forme éprouvée AWOS, le message LWIS renferme des informations sur le vent, la température, l'humidité et le calage altimétrique. Des messages horaires sont envoyés aux réseaux de télécommunications et, toutes les minutes, des messages à génération vocale sont acheminés aux pilotes naviguant dans la zone de transmission des LWIS via la bande VHF. NAV CANADA offre le service LWIS pendant les heures les moins achalandées à certains aéroports, ou à de petits aéroports qui n'ont pas besoin de recevoir des observations complètes.

Quel que soit le type d'observations offert à l'industrie de l'aviation, on doit pouvoir en contrôler la qualité. En 1999, le SMC a préparé une ébauche de Manuel visant la qualité des rapports d'observations METAR. S'inspirant des lignes directrices relatives à la norme ISO 9002 sur la gestion de la qualité, le manuel fournit un cadre de travail en matière de gestion et de processus opérationnels permettant d'assurer la qualité et l'uniformité d'un METAR préparé par le SMC, quelle que soit la station émettrice au Canada. Une caractéristique ajoutée des principes de gestion de l'ISO est le principe inhérent de l'amélioration continue. La mise en place du Système de qualité au cours de l'année 2000 assurera aux utilisateurs de l'industrie une plus grande confiance dans les METAR issus du SMC. Lancée comme un projet pilote, on prévoit que l'approche de la gestion de la qualité sera élargie à tous les produits et services dans l'avenir.

ÉVALUATION DU SYSTEM AWOS

LE PROJET D'ÉVALUATION DU RENDEMENT DE L'AWOS (APE) POUR L'AVIATION A ÉTÉ RÉALISÉ DANS LE CADRE DU PLAN D'ACTION VISANT LE SYSTÈME AWOS ANNONCÉ PAR TRANSPORTS CANADA EN DÉCEMBRE 1994. CETTE ÉVALUATION VISAIT, D'ABORD ET AVANT TOUT, À ÉTABLIR, LE PLUS CLAIREMENT POSSIBLE, DANS QUELLE MESURE LES SYSTÈMES AUTOMATIQUES D'OBSERVATION MÉTÉOROLOGIQUE (AWOS) RÉPONDAIENT AUX BESOINS OPÉRATIONNELS DES UTILISATEURS D'OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES POUR L'AVIATION. DES DONNÉES PRISES PAR DES OBSERVATEURS HUMAINS ET DES AWOS AU MÊME ENDROIT ONT ÉTÉ RECUEILLIES PENDANT UNE ANNÉE ENTIÈRE À SEPT SITES, POUR ENSUITE ÊTRE REGROUPÉES EN BASE DE DONNÉES RELATIONNELLE À DES FINS DE COMPARAISON.

L'OBJECTIF DE DÉPART VISAIT À MENER UNE ÉVALUATION D'UNE MANIÈRE OUVERTE, TRANSPARENTE ET OBJECTIVE, EN SOLLICITANT LA PARTICIPATION DE TOUS LES GRANDS UTILISATEURS DE DONNÉES AWOS À TOUTES LES ÉTAPES DE L'ÉVALUATION. DIX-SEPT ORGANISMES ÉTAIENT REPRÉSENTÉS AU SEIN DU GROUPE APE DE L'AVIATION, DONT LES GRANDES COMPAGNIES AÉRIENNES, LES ASSOCIATIONS INDUSTRIELLES, LES SYNDICATS DES EMPLOYÉS ET LES MINISTÈRES GOUVERNEMENTAUX CONCERNÉS. LE GROUPE A ORIENTÉ TOUTES LES ÉTAPES DU PROJET.

Il était fondamentalement tout aussi important que l'évaluation repose sur une base scientifique solide. Tout a été raisonnablement mis en oeuvre pour aller au delà des déficiences établies des AWOS afin d'obtenir un consensus sur les critères spécifiques de performance et les méthodes à utiliser pour évaluer la performance. Environnement Canada a joué un rôle clé à titre de principale ressource scientifique pour l'AAPEG. De plus, deux vérificateurs indépendants pouvaient être consultés pour toute discussion ou décision importantes. Il a été délibérément décidé de privilégier la clarté avant la rigueur scientifique pour présenter les résultats dans le rapport final, mais les données sous-jacentes ont fait l'objet d'un important contrôle de la qualité, et elles ont servi de base à de nombreux articles scientifiques.

Les résultats de l'évaluation confirment ce qui avait été reconnu dès le départ, soit que les observations des AWOS sont conformes à celles des observateurs dans la majorité des cas, mais que des différences dans les méthodes de signalement entraînent des écarts dans les rapports de certaines situations. Les recommandations du rapport final de l'AAPEG mentionnent que les AWOS pourraient satisfaire aux besoins de l'industrie, mais qu'il faudrait consulter tous les utilisateurs et leur donner une certaine formation à chaque endroit où un niveau de service AWOS est proposé. NAV CANADA a depuis adopté la position qu'aucun système AWOS ne sera utilisé à des fins aéronautiques sans le plein accord des utilisateurs des aéroports locaux.

Aucune autre étude similaire n'a, à notre connaissance, été réalisée ailleurs dans le monde. Aucun autre groupe comparable formé de représentants d'utilisateurs n'a été invité à se prononcer sur une évaluation d'une telle envergure d'un système automatique d'observation météorologique. Nulle part ailleurs a-t-on adopté une approche aussi pragmatique axée sur l'utilisateur. Étant donné l'absence de précédents, et le fait que le groupe principal était constitué de non-scientifiques, plusieurs nouvelles techniques et indicateurs ont été mis au point pour traiter certains problèmes. Certains indicateurs ont été intégrés à l'activité de surveillance continue de la performance des AWOS sur le plan des opérations et à la préparation de rapports.

Observations aérologiques

Des ballons transportant des instruments météorologiques sont lancés deux fois par jour, à midi et à minuit, temps universel coordonné, à partir de sites répartis partout dans le monde. Les instruments transmettent aux stations réceptrices des informations sur la température, l'humidité, les vents et la pression à diverses altitudes jusqu'à 35 000 mètres. Le Canada exploite 31 de ces sites d'observation aérologiques. Les observations servent à « initialiser » les modèles de prévision. C'est aussi ce processus qui fournit les rapports et les prévisions des vents en altitude utilisés dans la planification de vol et la gestion de la circulation aérienne.

L'exploitation du programme d'observation aérologique a toujours été un projet difficile et coûteux au Canada. D'une part, il est nécessaire que les données mesurées atteignent un haut degré de précision si l'on veut produire des prévisions exactes et, d'autre part, il y a la difficulté de faire fonctionner des instruments sensibles dans notre rigoureux climat canadien, notamment dans l'Arctique. La bonne exécution du programme requiert donc du personnel hautement qualifié et les meilleurs moyens technologiques qui soient. Des progrès récents sur le front de la technologie ont permis de réduire considérablement les erreurs attribuables au traitement des données nécessaires au calcul et à la transmission de l'information. La mesure du vent a également été améliorée grâce au système de positionnement global (GPS) qui permet d'obtenir une plus grande précision et d'accroître, par conséquent, l'exactitude des calculs des vitesses du vent.

On s'efforce également d'augmenter la quantité de données aérologiques pouvant être recueillies, par le biais, entre autres, de partenariats avec des compagnies aériennes qui permettraient d'installer à bord d'aéronefs de l'avionique qui transmettraient automatiquement des informations météorologiques pendant la montée ou la descente des avions jusqu'à ce qu'ils atteignent leur attitude de croisière, en plus des renseignements météorologiques qui sont déjà communiqués régulièrement dans les rapports de position à une certaine altitude. Les compagnies aériennes voient d'un très bon oeil l'ajout dans ces rapports d'informations sur la turbulence afin d'améliorer le confort et la sécurité en vol et de permettre aux pilotes d'aéronefs de savoir exactement où se trouvent les zones de turbulence en air clair (CAT), difficiles à prévoir. De plus, la télédétection au niveau de la haute atmosphère à l'aide de capteurs installés au sol ou embarqués à bord de satellites amélioreront considérablement la fréquence des données aérologiques mondiales et leur résolution horizontale.

OBSERVATIONS RADAR

Les radars météorologiques utilisent des pulsations électromagnétiques pour détecter la présence de précipitations. Les radars classiques peuvent fournir de l'information quant à l'endroit (distance, direction et hauteur) et l'intensité des précipitations. Un radar ayant un capacité Doppler peut détecter le mouvement des précipitations et donc déduire également la vitesse et la direction des vents.

Avant 1998, le Canada exploitait 18 radars météorologiques, dont seulement trois Doppler. L'année 1998 marqua le lancement du Projet national de radars. Ce projet, dont le financement s'élève à 35 millions de dollars, vise à doter les radars existants de capacités Doppler et à installer 13 nouveaux radars pour disposer d'un total de 31 radars Doppler d'ici 2003, ce qui permettra de couvrir les régions très peuplées du sud du pays. On compte déjà 22 radars, dont neuf ont une capacité Doppler.

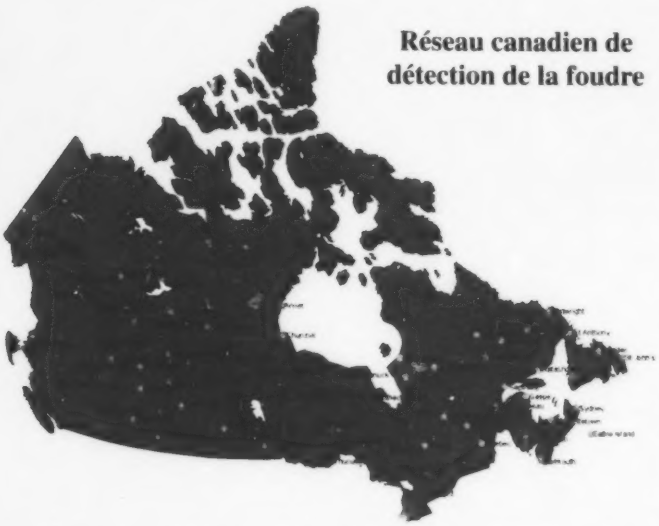
L'imagerie radar est fournie aux stations d'information de vol de NAV CANADA aux fins des exposés météorologiques aux pilotes, aux centres de contrôle régionaux, et aux bureaux de répartition aérienne en vue d'assurer un acheminement efficace de la circulation aérienne. Les météorologistes qui préparent les

prévisions pour l'aviation comptent régulièrement sur les images radar pour leur fournir un complément d'information à haute résolution aux sorties des modèles informatiques, ce qui leur permet de préparer des prévisions météorologiques précises, à la hauteur des paramètres de l'industrie. Le radar Doppler, en particulier, est le seul instrument technologique actuellement utilisé au Canada qui peut détecter le cisaillement du vent ou des microrafales.

OBSERVATIONS DE LA FOUDRE

L'année 1998 a marqué le premier anniversaire de l'exploitation du Réseau canadien de détection de la foudre. Ce projet, qui a été mis en oeuvre en 1996, visait à installer une grille nationale de 81 capteurs de décharge électrique qui assuraient une détection précise à 500 mètres de 95 % des décharges électriques survenant au sud du 60e parallèle, sur le Territoire du Yukon et sur le sud du District de la vallée du Mackenzie, dans les Territoires du Nord-Ouest.

Grâce aux communications satellitaires, l'information sur la foudre s'affiche à l'écran du poste de travail du prévisionniste dans les 30 secondes d'une décharge réelle. Ces données combinées à l'imagerie radar permettent au météorologiste d'avoir une information très détaillée quant au début et à la fin de l'activité orageuse à un aérodrome donné. Elles sont aussi « les yeux » du prévisionniste dans les régions où les observations de surface et les radars sont rares.



Réseau canadien de détection de la foudre

Les données sur la foudre sont très prometteuses pour ce qui est de fournir l'information dont ont besoin les contrôleurs aériens pour indiquer aux pilotes certaines zones de temps violent à éviter, et pour assurer un acheminement plus efficace des aéronefs autour des aéroports touchés par des orages.

OBSERVATIONS SATELLITAIRES

Environnement Canada exploite un certain nombre de stations réceptrices qui assimilent, traitent et diffusent des images provenant des satellites météo en orbite polaire ou géostationnaires de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) des États-Unis. Les satellites en orbite polaire sont particulièrement importants dans la transmission d'images indispensables des conditions nuageuses dans l'Arctique canadien, cette vaste région où les données d'observation sont très rares.

Au fur et à mesure que les prévisionnistes accroissent leurs connaissances des satellites, ils prennent de plus en plus conscience qu'il n'est pas uniquement possible d'utiliser l'imagerie satellitaire pour suivre le mouvement et l'évolution du couvert nuageux, mais qu'ils peuvent également en déduire certains paramètres essentiels à l'aéronautique, tels que la position du courant-jet et l'existence de turbulence en air clair (CAT). Des techniques ont été mises au point pour combiner différents canaux, ou longueurs d'onde, d'informations satellitaires pour détecter des bancs de brouillard la

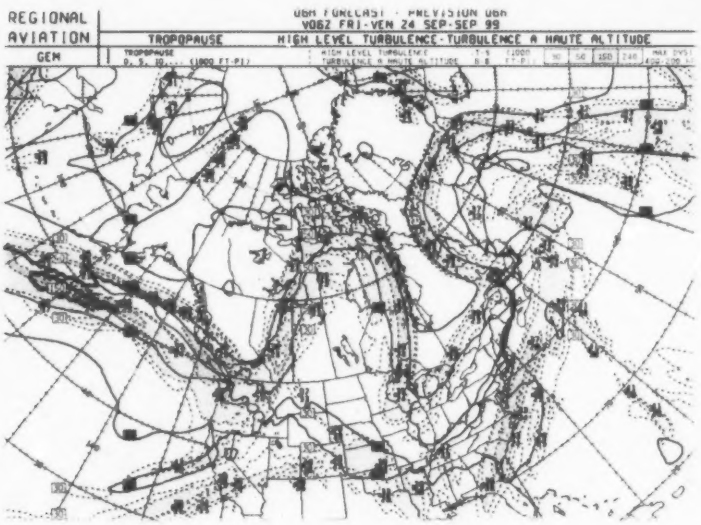
nuit et des nuages de cendres volcaniques provenant de volcans en activité. Ces capacités ont une grande valeur tant dans les bureaux de prévisions qu'entre les mains des responsables des exposés météorologiques de NAV CANADA, en plus de fournir des renseignements précis et rapides aux pilotes d'aéronefs.

3.3.2 Prévision météorologiques

Environnement Canada est un chef de file mondial dans le domaine de la production de prévisions météorologiques. Son rôle a évolué naturellement en raison de l'immensité du territoire géographique du Canada et de la diversité des conditions météorologiques complexes qu'on peut y rencontrer. Les opérations du secteur de l'aviation, en particulier, ont grandement bénéficié des investissements réalisés par Environnement Canada dans les technologies nécessaires à la préparation de prévisions exactes et fiables.

Prévisions d'aérodrome

La rédaction d'un TAF (prévision d'aérodrome) est un exercice qui consiste à prévoir de façon précise les plafonds bas à 100 pieds près, et la faible visibilité à un demi mille près, de même qu'à prévoir le plus exactement possible le moment de survenue de ces événements pendant des périodes où les conditions météorologiques sont actives. Ce niveau de résolution, ou de précision, est difficilement atteint par les modèles informatiques. De nos jours, les prévisionnistes du SMC doivent :



- utiliser les sorties des modèles informatiques;
- puiser dans leurs connaissances pour déterminer les effets locaux responsables des conditions météorologiques à chaque aéroport;
- utiliser les données climatologiques, ou passées, sur les conditions qui entraînent une baisse ou une amélioration du plafond et de la visibilité à un aéroport donné;
- combiner les données ci-dessus à leur expertise météorologique.

Ce qui, en soi, n'est pas une tâche facile, et les instruments actuels dont disposent les prévisionnistes pour les aider dans leurs analyses sont au mieux rudimentaires. Un projet a toutefois été mis en oeuvre pour créer un outil informatique qui :

- donnera accès aux bases de données passées;
- donnera accès aux sorties des modèles informatiques;

- permettra de développer des liens entre ces deux sources d'information pour produire automatiquement des prévisions précises des paramètres météorologiques essentiels pour l'aviation.

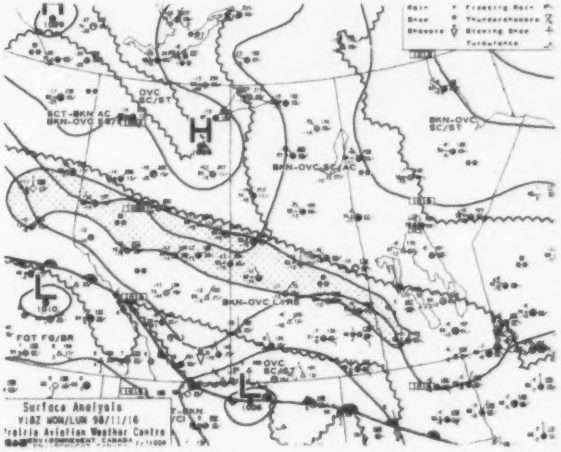
Il est à espérer que cet outil informatique fournira efficacement au prévisionniste toute l'information climatologique pertinente, c'est-à-dire, sur l'évolution passée de certaines conditions météorologiques à un aéroport donné, qui, combinée aux sorties des modèles, lui permettra de se concentrer sur l'application de l'expertise météorologique en vue de produire un TAF précis et utilisable.

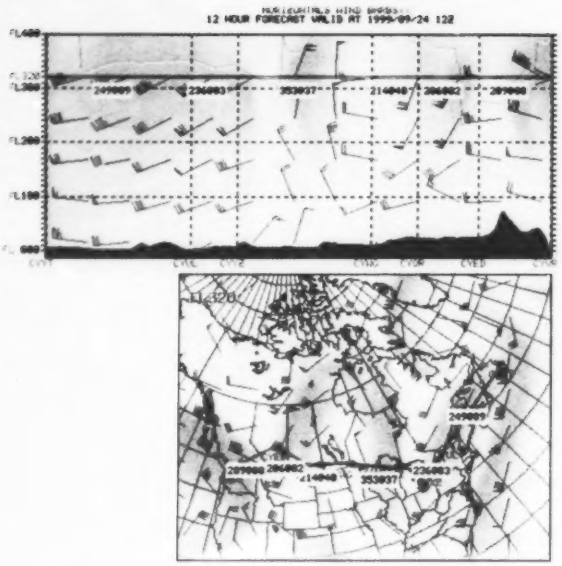
En raison de l'importance des TAF pour le personnel navigant, il est important que ces prévisions soient révisées promptement si l'état du plafond ou de la visibilité ne correspond plus aux conditions prévues. Le SMC utilise un logiciel configurable unique pour alerter les prévisionnistes dès qu'une observation enregistrée dans un site de la zone de responsabilité ne correspond pas aux prévisions émises.

Prévisions de zone

Les prévisions de zone étaient traditionnellement rédigées en format texte pour décrire les conditions météorologiques prévues aux pilotes. La prévision de zone, ou FA, sert encore de base à tous les breffages météorologiques. Il s'agit d'une description structurée de systèmes météorologiques, de leur déplacement, ainsi que de la couverture nuageuse, de la visibilité et des conditions météorologiques associées prévues au cours des 12 heures suivantes pour une zone géographique donnée.

Les responsables des exposés météorologiques pour l'aviation ont toujours eu l'habitude de « dessiner » les FA sur les cartes affichées dans les salles de breffage pour aider à la compréhension des prévisions. Les progrès réalisés dans le domaine des progiciels graphiques et des systèmes de diffusion de données permettra enfin la production d'une prévision de zone graphique (GFA), à compter d'avril 2000. Alors, au lieu d'avoir divers produits codés en format alphanumériques préparés dans un certain nombre de bureaux différents, ce qui prête à confusion, cinq centres de prévisions pour l'aviation travailleront ensemble à la préparation d'une représentation graphique nationale des systèmes météorologiques prévus et des conditions associées dans tout le Canada. Ce produit sera ensuite subdivisé en cartes régionales qui seront mises à la disposition des utilisateurs du secteur de l'aviation (dont les responsables du breffage de NAV CANADA). Les GFA seront des représentations graphiques comparables à celles que dessinent actuellement les responsables du breffage météorologique à l'aide des anciens FA codés. Le produit final devrait être non seulement plus précis, mais aussi plus pratique, vu la suppression des étapes de codage et de pointage, et aura une grande valeur pour l'industrie de l'aviation, car il permettra d'accélérer le breffage des pilotes et de faciliter la compréhension de l'information.





3.3.3 PRODUITS MÉTÉOROLOGIQUES

L'objectif ultime du système de services météorologiques pour l'aviation est de permettre aux utilisateurs d'avoir toutes les observations météorologiques et les données nécessaires à la prévision dans un format facile à comprendre d'un seul clic. L'information graphique comprise au simple coup d'œil est sans aucun doute le format préféré de tous, et le SMC travaille en collaboration avec NAV CANADA pour fournir au milieu de l'aviation des produits utiles et faciles d'interprétation dont il a besoin.

ANALYSES DES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

La représentation des champs de vent, des configurations isobariques, des fronts et des systèmes météorologiques qui donne aux pilotes une image précise du temps présent est l'un des outils de base les plus utilisés dans la préparation avant le vol. Le SMC a toujours préparé des représentations graphiques générées par ordinateur ou plus détaillées à la main à partir de données des réseaux d'observations météorologiques. Le développement à l'interne d'outils informatiques a permis au prévisionniste de superposer des données brutes provenant des observations météorologiques, des images satellitaires et radar et des données sur la foudre, ce qui a donné des analyses météorologiques beaucoup plus efficaces et rapides.

La représentation des conditions météorologiques à divers niveaux de l'atmosphère accompagnée d'informations constitue également une partie essentielle des services météorologiques pour l'aviation. Le modèle GEM du CMC produit régulièrement des analyses graphiques aérologiques à des niveaux atmosphériques arbitraires, représentant les champs de vents et de températures en altitude. Ce modèle produit également des cartes détaillées des températures, de la vitesse et la direction des vents prévues à divers niveaux de vol jusqu'à 18 000 pieds d'altitude. On peut obtenir des informations pour les niveaux supérieurs auprès du National Center for Environmental Prediction, à Washington (D. C.).

Outre ces produits, une toute nouvelle série de produits prévisionnels destinés aux utilisateurs du monde de l'aviation est en chantier. Celui qui suscite le plus d'intérêt est de loin l'outil interactif qui sera offert sur le Web et sur lequel travaille actuellement le SMC (avec l'appui financier de NAV CANADA), qui permettra au pilote d'obtenir des prévisions graphiques détaillées par sections ou une vue d'ensemble des conditions prévues tout au long de sa route en entrant l'heure du départ de son vol, l'heure d'arrivée et des coordonnées sur la route qu'il empruntera. Cet outil permet un accès direct aux sorties de modèles informatiques qu'il reproduit de façon à permettre aux pilotes de « visualiser » l'information à laquelle seuls les prévisionnistes ont vraiment accès à l'heure actuelle. Parmi les paramètres de prévision qui seront accessibles figurent les nuages, la turbulence mécanique et la turbulence en air clair, les vents et le niveau de givrage.

3.3.4 TÉLÉCOMMUNICATIONS

Toute cette pléthore d'informations décrites ci-dessus aurait évidemment une valeur limitée sans une technologie des communications en place qui fasse en sorte que les données sont transmises de manière efficace et fiable à ceux qui en ont besoin. Les récentes avancées technologiques réalisées grâce aux lignes terrestres et aux communications par satellite à haute vitesse ont considérablement amélioré la fiabilité avec laquelle l'information est diffusée. NAV CANADA a commencé à utiliser le système NCMETSYS, basé sur l'utilisation de satellites, qui a été mis au point par le Centre météorologique canadien pour améliorer la diffusion d'un grand nombre de produits de météorologie aéronautique utilisés par ses centres de services à la circulation aérienne, plutôt que de dépendre de réseaux de télécommunications complexes et coûteux. Résultat : EC peut offrir un accès de l'ordre de 90 à 95 % à ses produits dans les minutes suivant leur émission.

Le Web est devenu la méthode préférentielle de diffusion d'information dans le monde des technologies modernes. Le grand public utilise de plus en plus l'ordinateur comme principal outil de communication et source d'information. Le SMC travaille de concert avec NAV CANADA à rendre accessibles le plus d'informations possible au monde de l'aviation via l'Internet. Le Centre de prévisions météorologiques pour l'aviation du SMC, situé à Montréal, assure actuellement la gestion d'un serveur Web auquel on peut avoir accès via le site de NAV CANADA pour obtenir une mise à jour des METAR et des TAF pour tous les aéroports du Canada, de même que d'autres types de prévisions et d'images. L'ajout d'outils interactifs actuellement en cours améliorera de beaucoup l'accès aux services destinés au milieu de l'aviation du Canada.

Poursuivons notre envolée

4

L'industrie de l'aviation a connu une forte croissance au cours des 30 dernières années. L'aviation est actuellement le mode de transport le plus rapide et le plus sécuritaire. Alors que la mondialisation du commerce international continue de progresser à grand pas avec la venue des nouvelles technologies des communications, le secteur de la circulation aérienne continuera de croître tant que les gens d'affaires auront de nouveaux marchés à conquérir. De même, l'industrie florissante du tourisme ne montre aucun signe de ralentissement. La disparition des frontières au profit du village global aura aussi pour effet de multiplier les demandes d'aide et d'assistance auprès des Forces armées dans certaines régions du monde.

La météorologie aéronautique se doit d'être innovatrice et flexible pour relever les nouveaux défis qui l'attendent dans les 30 prochaines années. On aura besoin de davantage de programmes d'observations spécialisées pour satisfaire aux demandes de plus en plus pointues des utilisateurs. L'augmentation de la circulation aérienne et de l'achalandage aéroportuaire nécessiteront en outre des prévisions d'une qualité et d'une utilité plus grandes, ainsi qu'une gamme de produits qui transcendent les formats actuels standard des METAR/TAF. Il sera essentiel de donner à l'aviateur canadien davantage accès aux nouvelles technologies d'observation, comme les instruments de détection de la foudre, le radar Doppler, l'imagerie satellitaire pour lui permettre d'obtenir un produit dans un format qu'il pourra facilement comprendre et interpréter. Tous les produits devront être offerts pour toutes les régions du monde en appui aux opérations de l'aviation civile et du MDN.

Au nombre des projets actuels d'EC qui ouvrent la voie aux développements futurs figurent : l'augmentation de la résolution des modèles informatiques; la turbulence de sillage; la recherche sur le givrage et la turbulence; l'analyse de l'efficacité opérationnelle des prévisions d'aérodrome en vue d'optimiser l'utilisation des pistes et des

aires de circulation, et les opérations de dégivrage; les nouvelles technologies d'observation; les nouveaux produits météorologiques pour l'aviation plus utiles, tels que le GFA.

Le Service météorologique du Canada voue tous ses efforts à l'amélioration des services météorologiques pour l'aéronautique en fonction de l'évolution des besoins de l'industrie. Une solide infrastructure en appui aux opérations, à la recherche et au développement place le SMC dans la meilleure position possible pour relever les défis de l'avenir. De plus, nos relations avec NAV CANADA, nos fournisseurs de services, les utilisateurs et la communauté internationale nous permettent de nous tenir au fait des besoins et des réactions des utilisateurs. Maintenant que l'idée d'offrir, à titre de fournisseur, des services météorologiques à des clients a fait son chemin au sein de l'organisation, le milieu de l'aviation est en droit de s'attendre à ce que le SMC comble ses besoins. Les aviateurs s'attendent à obtenir des services météorologiques pour l'aviation de calibre mondial, et c'est ce que le SMC entend leur offrir.

Pour plus de renseignements :

Direction des Services inter-organismes
Service météorologique du Canada
Environnement Canada
E1-373, promenade Sussex
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Appendice

Acronymes

Cette liste des acronymes utilisés dans le rapport a été compilée à l'intention des lecteurs qui ne connaîtraient pas à fond la terminologie technique et les acronymes courants dans le domaine de la météorologie aéronautique.

APE	Évaluation du rendement de l'AWOS pour l'aviation
SEA	Service de l'environnement atmosphérique
ARGA	Alliance pour la recherche sur le givrage des aéronefs
APT	Transmission automatique des images
ATEAM	Groupe de travail sur l'utilisation des techniques modernes en météorologie aéronautique
AWOS	Système automatique d'observation météorologique
CCRAC	Conseil consultatif sur la réglementation aérienne canadienne
CAT	Turbulence en air clair
FC	Forces canadiennes
MDN	Ministère de la Défense nationale
EC	Environnement Canada
FA	Prévision de zone
FAA	Federal Aviation Administration (des États-Unis)
GEM	Modèle global environnemental multi-échelle
GFA	Prévision de zone graphique

OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
LWIS	Système d'information météorologique limitée
MANAIR	Manuel des normes et procédures des prévisions météorologiques pour l'aviation
MANOBS	Manuel d'observations météorologiques de surface
METAR	Message météorologique aéronautique émis sur l'heure
SMC	Service météorologique du Canada
IFNC	Institut de formation de NAV CANADA
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (des États-Unis)
NWS	National Weather Service (des États-Unis)
PIREP	Rapport météo de pilote
PROMET	Groupe de travail sur la fourniture d'information météorologique requise par l'aviation civile
SIGMET	Message d'avertissement de temps significatif
SPECI	Message météorologique spécial émis en cas de changement significatif du temps
TAF	Prévision d'aérodrome
TC	Transports Canada
VAAC	Centre d'avis des cendres volcaniques
VFR	Règles de vol à vue
WAFC	Centre mondial de prévisions de zone
WAFS	Système mondial de prévisions de zone
OMM	Organisation météorologique mondiale
WVPT	Groupe de travail sur la turbulence de sillage